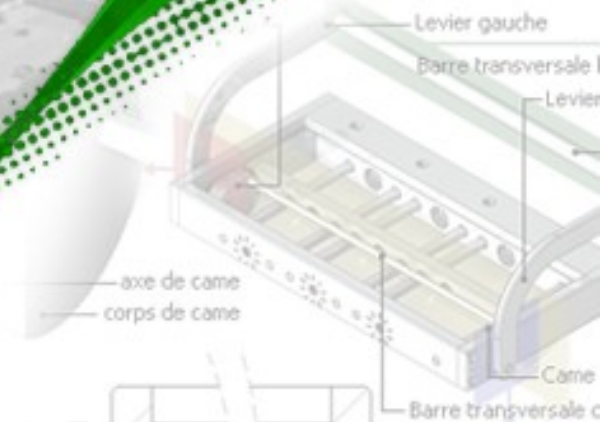




Marie Curie



# RAPPORT DE THEME

## SESSION 2008

Réalisé par :

Villain Elie  
Lejeune Pierre

Diplôme préparé :

BTS Conception de Produits Industriels

Entreprise :

CLAL-MSX  
11, rue du Ménillet  
60540 BORNEL

Lieu de formation :

Lycée Marie Curie  
Bd Pierre de Coubertin  
60180 Nogent-sur-Oise





# SOMMAIRE

## **I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :**

- 1°/ Fiche signalétique :
- 2°/ Implantation géographique :
- 3°/ Activité de l'entreprise :
- 4°/ Résultats de l'entreprise en 2006 :
- 5°/ Effectif :
- 6°/ Application des produits fabriqués :
- 7°/ Les installations de fabrication :
- 8°/ Politique qualité, sécurité et environnement :

## **II. ETUDES D'AVANT PROJET :**

- 1°/ Expression du besoin :
- 2°/ Analyse fonctionnelle :
- 3°/ Recherche de solutions:

## **III. ETUDE DE CONCEPTION :**

- 1°/ Calcul de la flèche idéale de dressage :
- 2°/ Les galets de dressage :
- 3°/ Le bâti :
- 4°/ Le berceau mobile :
- 5°/ Le système de réglage des galets mobiles
- 6°/ Le système d'ouverture / fermeture rapide :
- 7°/ Le système d'avance :
- 8°/ La table :
- 9°/ Le système de dressage primaire :
- 10°/ La cartérisation :
- 11°/ Le logiciel de réglage :

## **CONCLUSION :**

## **ANNEXES :**





**Partie 1 :**

# PRESENTATION DE L'ENTREPRISE





## 1 Fiche signalétique

<u>Dénomination sociale :</u>	<b>CLAL-MSX</b>
<u>Forme juridique :</u>	Société anonyme
<u>Activité principale :</u>	Fabrication de produits intermédiaires variés (tôles, fils, barres, tubes, produits profilés ou découpés) dans des alliages très spéciaux à base de Cuivre et de Nickel.
<u>Siège social :</u>	Bornel
<u>Nombre d'établissement :</u>	1
<u>Capital :</u>	2.5 Millions d'€
<u>Chiffre d'affaires 2006 :</u>	62,7 Millions d'€ dont 62% pour l'exportation.
<u>Résultats :</u>	Bénéfices 2006 de 2,5 millions d'€ après impôts ( + 66% par rapport a 2005 )
<u>Dirigeant :</u>	Dan WEBER
<u>Effectif :</u>	235 personnes
<u>N° Siret :</u>	40072351600029
<u>Code NAF :</u>	274M
<u>Certification :</u>	ISO 9002 depuis 1994

## 2 Implantation géographique

**CLAL-MSX** se situe sur le site de Bornel dans l'Oise entre Beauvais et Paris et couvre une superficie de plus de dix hectares.

Le siège social et le centre de recherche de **CLAL-MSX** se situent à Bornel où l'on élabore et transforme des alliages à base de cuivre et de nickel.

L'entreprise possède 7 agences commerciales en France : à Lyon, Marseille, Toulouse, Nantes, Bordeaux, Nice et Strasbourg et 2 filiales industrielles et commerciales à l'étranger : en Italie et en Allemagne.





## Implantation géographique de l'entreprise :



### 3 Activité de l'entreprise

L'entreprise est spécialisée dans la métallurgie des métaux non ferreux : le Cuivre, le Nickel et leurs alliages transformés en produits semi-finis ou produits presque terminés (comme les flans monétaires).

Ce sont plus de **100 alliages** courants qui sont actuellement fabriqués comme :

- ◆ les Cuivres purs et les Cuivres dopés,
- ◆ les Laitons (alliages de Cuivre et Zinc),
- ◆ les Bronzes (alliages de Cuivre et d'Étain),
- ◆ les Maillechorts (alliages de Cuivre, Nickel et Zinc),
- ◆ les Cupronickels (alliages de Cuivre et de Nickel),
- ◆ les Nickels et les Nickels alliés,
- ◆ les Incos : Monel, Inconel, Incoloy (alliages à haute teneur en Nickel).

On peut également trouver des produits spécifiques à Bornel tels que :

- ◆ le **Cuprofor** (Cuivre dopé au Cobalt et au Phosphore) utilisé pour l'électronique de puissance (transistors et circuits intégrés),
- ◆ le **Siclanic** (alliage à durcissement structural) utilisé pour la connectique et l'électromagnétique,
- ◆ les alliages en développement : **Nicaflor 1000** et **Sclafor 800** (alliages à base de Cuivre et de Nickel avec addition d'Étain et de Silicium), utilisés pour l'électronique et la connectique,





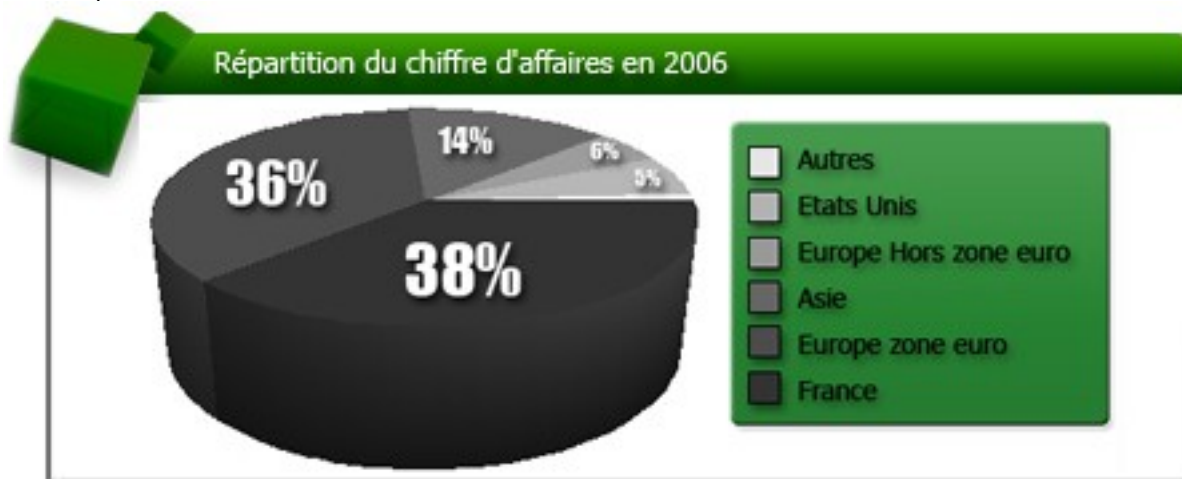
- ◆ **l'Ecocal**, (alliage sans Nickel), utilisé pour la lunetterie.

Le **CLAL-MSX** est en relation avec plus de 3000 clients à travers la France, l'Europe et le reste du Monde (**Monnaie de Paris, Thomson, Aérospatiale**, etc.).

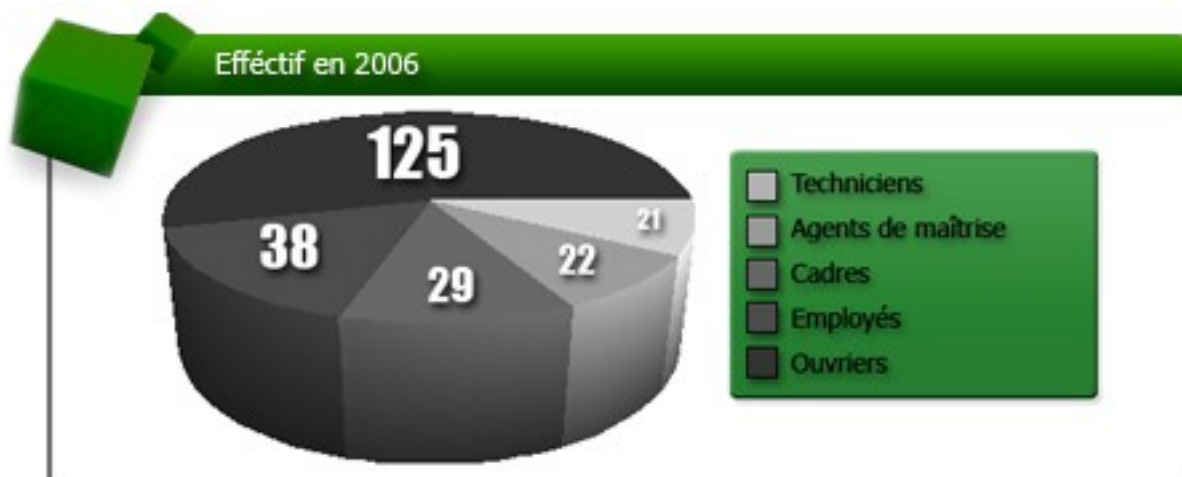
Les principaux concurrents français du **CLAL-MSX** sont les sociétés **Tréfinmétaux** et **Griset**. Au point de vue européen, les concurrents du **CLAL-MSX** sont **Wieland, Deutsch Nickel** et **Sundwiger** en Allemagne, **B. Mason** en Grande-Bretagne et **Europametalli** en Italie.

## 4 Résultats de l'entreprise en 2006

En 2006, **CLAL-MSX** a réalisé un chiffre d'affaires de 62,7 Millions d'€ dont 62% ont été acquis hors de nos frontières : Italie, Allemagne, Grande-Bretagne, Espagne, Suisse, mais aussi États-Unis, Extrême-Orient ou Australie.



## 5 Effectif





Au début 2006, **CLAL-MSX** compte 235 personnes dont 4 contrats de qualification, 3 contrats d'apprentissage et 2 longues maladies.

## 6 Application des produits fabriqués

Les applications des produits semi-finis sont très diverses :

### ◆ **Électronique, électrotechnique, téléphonie :**

- ➔ **Cuivres dopés** : découpe de supports pour transistors de puissance, circuits intégrés ainsi que fabrication de contacts électroniques.
- ➔ **Cuivres alliés** : découpe de pièces pour les relais électromécaniques et de serre câbles pour le ferroviaire.
- ➔ **Maillechorts** : vocation de base il y a quelques années pour les lames relais ainsi que pour les prises téléphoniques.

### ◆ **Lunetterie :**

- ➔ **Maillechorts** : pour la fabrication des différents éléments des montures métalliques : branches, ponts, drageoirs, charnières, etc.

### ◆ **Monnaie :**

- ➔ **Cupro-Aluminium-Nickel, Cupronickels, Nickel, Maillechorts** : fabrication de flans monétaires (pièces non frappées, la frappe étant le privilège de la Monnaie de Paris).

### ◆ **Mécanique, décolletage :**

- ➔ **Maillechorts** : pour la serrurerie, la fabrication de pièces de clarinettes, et l'industrie du décolletage, entre autres pour l'automobile.

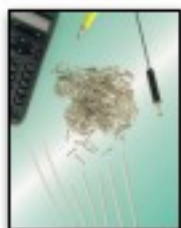
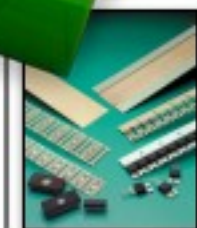
### ◆ **Orfèvrerie :**

- ➔ **Maillechorts** : pour la fabrication de couverts, de pièces destinées aux arts de la table.

### ◆ **Chaudronnerie, applications diverses :**

- ➔ **Nickel, Cupronickels** : pour l'emboutissage profond de capots de relais militaires, l'offshore, la galvanoplastie.

## Exemples d'applications





7

## Installations de fabrication

**CLAL-MSX** comprend des installations de fabrication et de contrôle pour :

- ◆ l'élaboration des métaux et des alliages : fours de fusion,
- ◆ le contrôle de la composition chimique : spectromètre à émission UV et spectromètre à fluorescence X,
- ◆ la fabrication de lingots, billettes, planches, bandes en rouleaux, barres et fils : coulées semi-continues et continues,
- ◆ la transformation à chaud : laminoir à chaud,
- ◆ la transformation à froid : laminoirs, tréfileuses,
- ◆ les traitements thermiques : fours statiques et fours de recuit en continu.
- ◆ la refente : lignes de cisailage,
- ◆ la découpe : presses, installations de cordonnage, brillantage, table de contrôle,
- ◆ le contrôle des caractéristiques physiques et mécaniques : machines de traction, duromètres, microscopes.

8

## Politique qualité, sécurité et environnement

### 8-1° / La qualité :

Depuis 1992, **CLAL-MSX** s'est engagé dans une démarche commerciale et technique de rééquilibrage de ses activités sur des marchés « niches » à forte spécificité technique et à forte valeur ajoutée.



Ce développement en France comme à l'exportation est basé sur une politique qualité ambitieuse, structurée autour de la norme ISO 9002. La certification ISO 9002 obtenue en septembre 1994 et son renouvellement en 1997 et 2000 ont été des étapes importantes dans cette marche en avant pour toujours mieux satisfaire les exigences des clients.

Depuis 2003, **CLAL-MSX** a entrepris la conception et la progression de nouveaux produits dans son système qualité ainsi que le souci de vérifier l'efficacité de l'ensemble de ses processus.

### 8-2° / La sécurité :

Les dispositions générales prises par **CLAL-MSX** en matière de sécurité découlent des lois et des règlements relatifs à l'hygiène, à la sécurité et aux conditions de travail (Art.L230.2 Loi n°91-1414 du 31/12/91 du code du travail).

Dans le souci de promouvoir et de développer l'action sécurité, un groupe de sensibilisation a été formé. Ce groupe a pour vocation de sensibiliser le personnel en développant le comportement sécurité et la correction des dysfonctionnements des machines.







## **8-3°/ L'environnement :**

Les dispositions prises par **CLAL-MSX** en matière d'environnement découlent des législations européennes et françaises pour la protection de l'environnement. Elles sont relatives :

- ◆ aux installations classées,
- ◆ à l'eau, l'air, les déchets, les bruits, la protection de la nature,
- ◆ à l'utilisation des produits chimiques.

CLAL-MSX a mis en œuvre une politique environnementale ambitieuse, axée sur la préservation et un usage limité de l'eau.





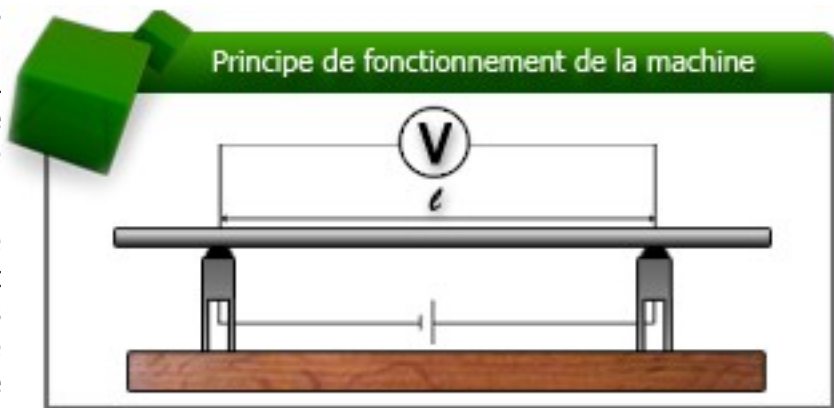
## 1 Expression du besoin

### 1-1° / Qu'est ce qui crée le besoin ?

CLAL MSX se doit de garantir vis à vis de ses clients, les propriétés physico-chimique de ses alliages. L'entreprise fournit différents secteurs d'activité tel l'électronique. Pour ce genre de clients, CLAL MSX a dans l'obligation de mesurer et de donner la resistivité des alliages qu'elle vend.

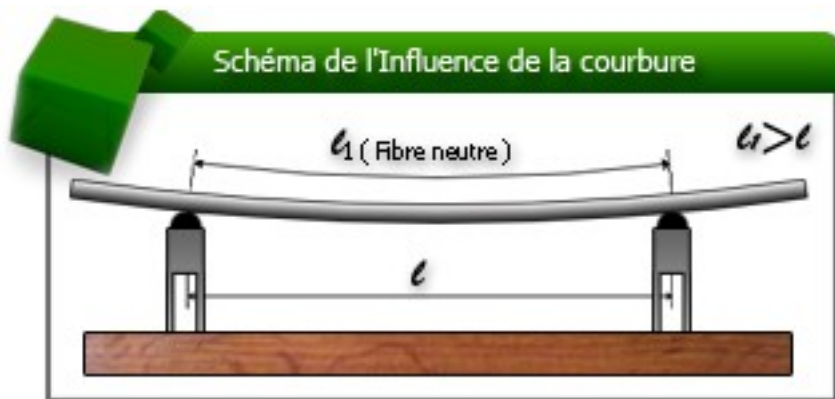
Notre étude concerne les fils d'alliages : Pour mesurer la résistivité de ses fils CLAL possède une machine constituée de deux pôles distants d'une mesure fixe.

Un courant est ensuite envoyé dans l'échantillon qui est en contact avec ces deux pôles et la différence de potentiel entre ces deux points permet de déterminer la résistance électrique de l'échantillon.



### 1-2° / Quel problème reflète le besoin ?

Le problème est le suivant : Après fabrication, les fils d'alliage sont directement enroulés et stockés en bobines. Pour mesurer la résistivité du fil fabriqué, un opérateur devra donc cisailer un échantillon de fils ( sur la bobine ), mais ce dernier aura inévitablement une légère courbure hélicoïdale.



Or, la résistivité d'un échantillon dépend de sa longueur ( en effet la résistivité est donnée par la formule  $R.S = \rho.l$  ) et comme la mesure faite par CLAL se fait depuis deux pôles séparés d'une distance fixe, une quelconque courbure de l'échantillon fausse complètement les résultats de la mesure.

Donc, avant de mesurer sa résistivité, l'échantillon prélevé sur la bobine doit être redressé. Actuellement cette opération de dressage est réalisée par l'opérateur : Il serre l'échantillon dans les mords d'un étaux et le tord jusqu'à ce qu'il lui paraisse à peu près droit. Les résultats restent néanmoins aléatoires et peu satisfaisants.



## 1-3° / Le besoin :

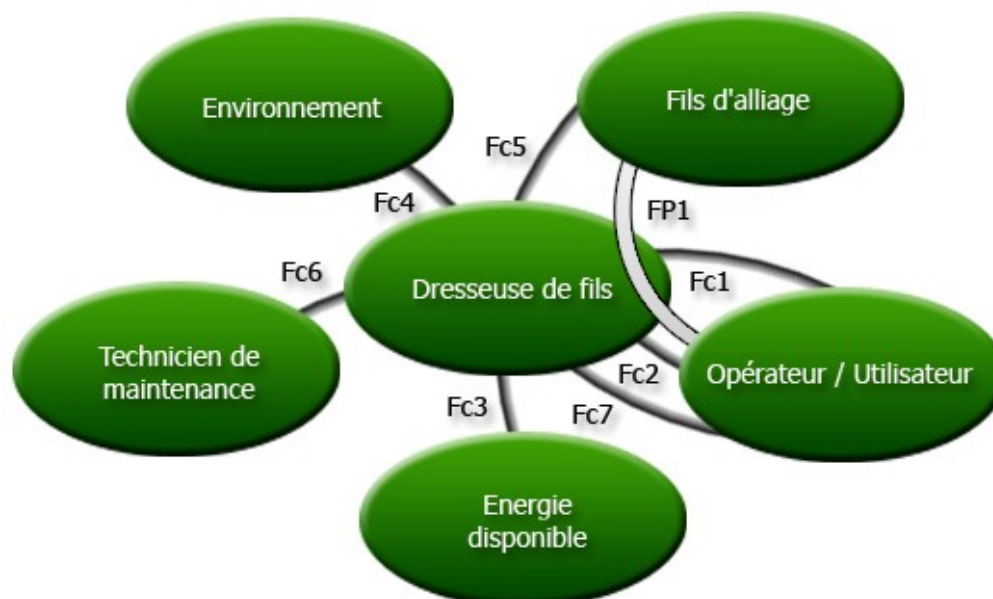
Il nous est demandé de concevoir une machine pour redresser les échantillons de fils d'alliage en vue de mesurer leurs résistivité. Cette machine devra s'adapter aux différents matériaux et aux différents diamètres que peuvent avoir les fils. Ce qui nous donne le diagramme « Expression du besoin » suivant :



## 2 Analyse fonctionnelle

### 2-1° / Diagramme des intérateurs :

Dans un premier temps, nous allons essayer de définir les différents liens entre notre système « dresseuse de fils » et l'environnement qu'il peut avoir : Pour cela, nous utiliserons le « diagramme pieuvre » :



De ce diagramme, découle le cahier des charges qui permet de décrire et de lister les fonctions primaires et contraintes de notre système :





## 2-2° / Cahier des charges fonctionnel :

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité
FP1	Redresser les fils.	0,005 m/m	+/- 10%
FC1	Etre facilement manipulable.	Etre à hauteur de l'opérateur	-
		Moins de réglage possible	-
FC2	Rapidité de l'opération de dressage.	15 secondes	+/- 10%
FC3	Utiliser l'énergie disponible.	- Énergie électrique. - Énergie pneumatique.	-
FC4	Respecter l'environnement.	Respecter les normes en vigueur.	-
FC5	Etre adapté aux échantillons.	- Diamètre moyen du fil : 7 mm	2 à 12 mm
		- Longueur de dressage du fil : 1,10 m	2m maximum
		- Rayon de courbure du fil : 1 m	+/- 50%
		- Module de Young et limite élastique: En fonction des alliages à redresser	-
FC6	Etre facilement montable/démontable.	Utiliser des éléments standard.	-
FC7	Sécurité	Etre cartérisée.	-
		Arrêt d'urgence	-



## Recherche de solutions

### 3-1° / Technique de dressage :

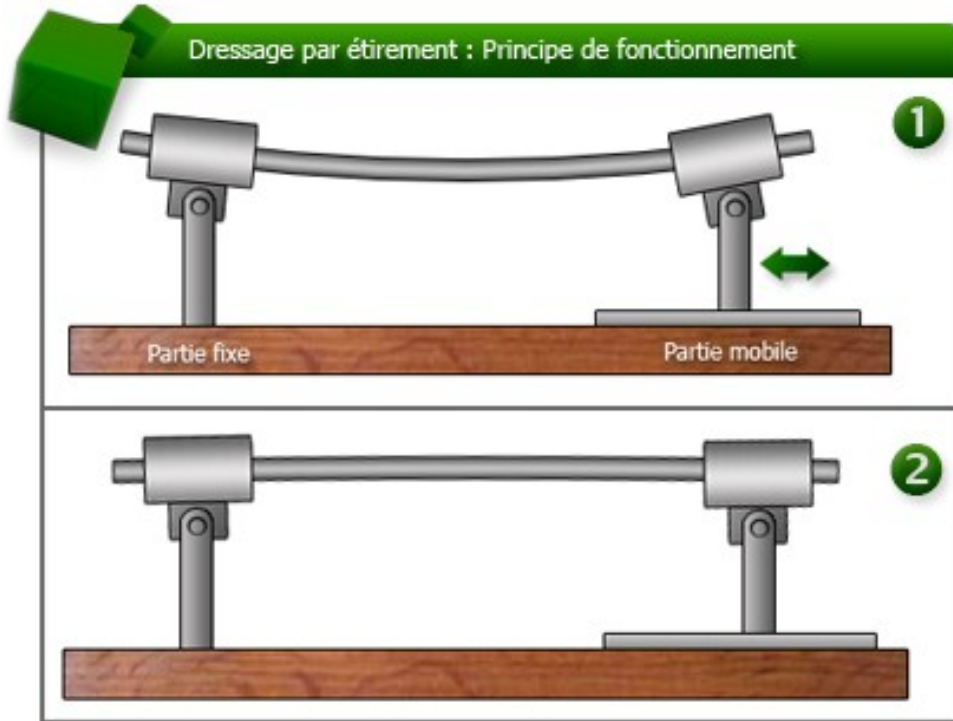
Avant toute chose, on devait déterminer la technique de dressage que notre système utilisera. A ce stade, trois manières de dresser ont attirés notre attention :

- ◆ Le dressage par étirement
- ◆ Le dressage rotatif
- ◆ Le dressage par galets

*Pour départager les trois techniques de dressage qui sont bien différentes et donc difficilement comparables, nous allons, après avoir étudié leur principe de fonctionnement, faire le point sur leurs avantages et inconvénients et ainsi déterminer celle qui convient le mieux.*



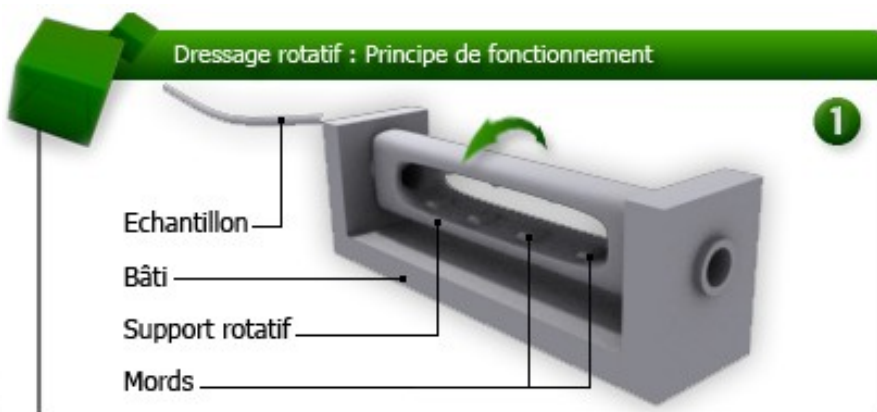
### 3-1°/a. Dressage par étirement :

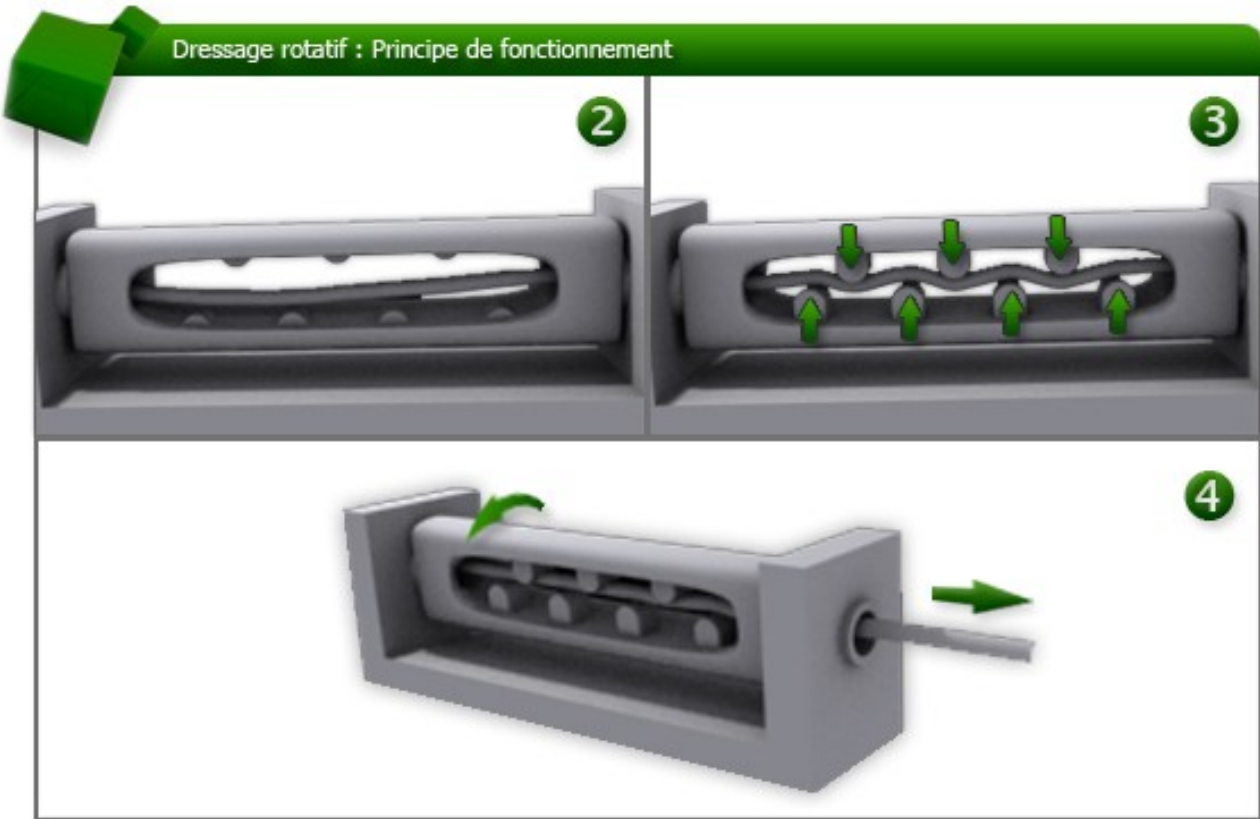


- 1 Une extrémité de l'échantillon est bloqué dans une partie fixe, l'autre extrémité est elle bloquée dans une partie mobile.
- 2 La partie mobile va ensuite translater par rapport à la partie mobile et ainsi étirer l'échantillon et le redresser.

Le principal avantage de ce système reste sa simplicité et son adaptabilité face aux différents matériaux et diamètres que peuvent avoir les fils : seul l'effort de traction changera. Seulement, les désavantages qu'il possède font qu'il n'est pas du tout adapté à notre usage : en effet, l'étirement provoque des réductions de section, ce qui va fausser toute mesure de résistivité. Pour ces raisons, cette technique de dressage ne sera donc pas celle que l'on retiendra.

### 3-1°/b. Dressage rotatif :



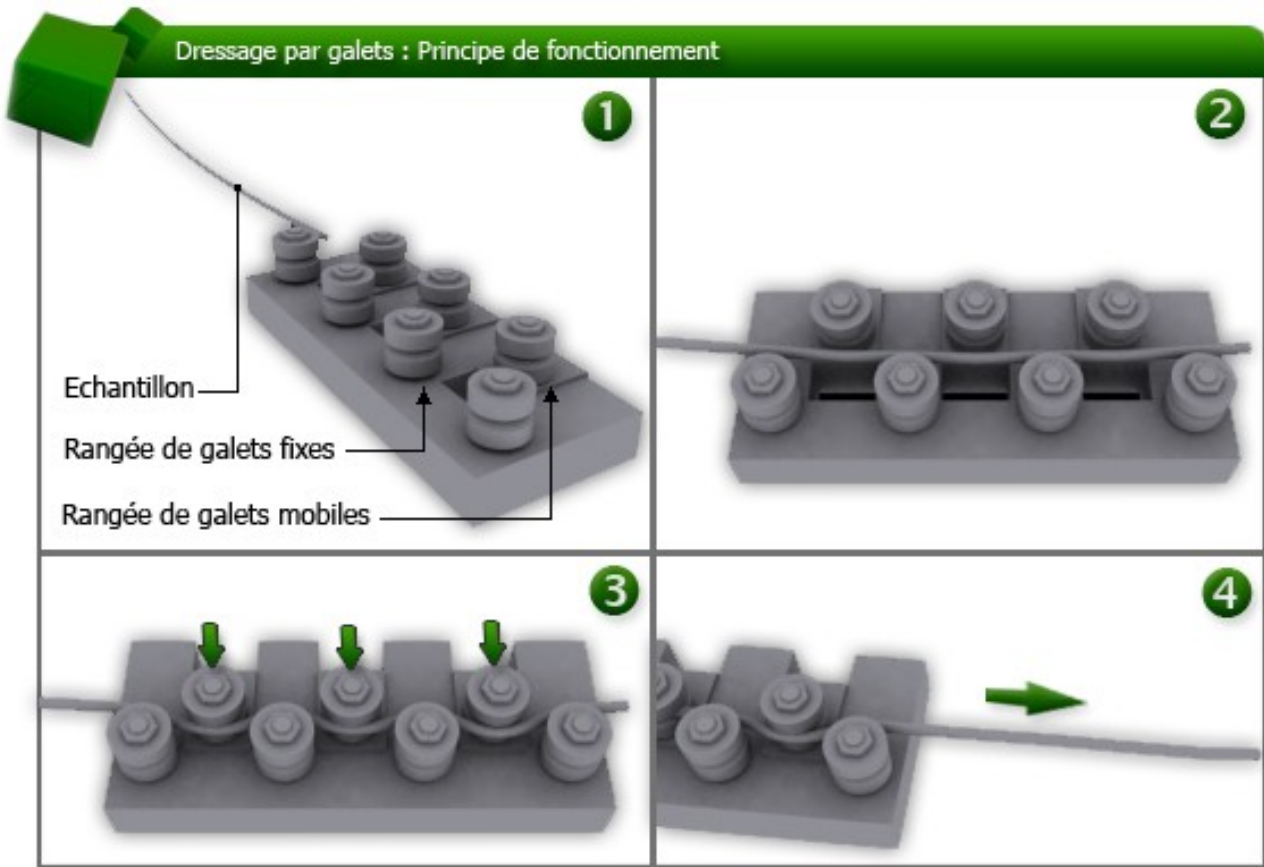


- 1 Le système est composé d'un bâti et d'une partie qui peu être entraînée en rotation par rapport à ce bâti. Sur cette dernière partie sont implantés des mors réglables en « profondeur ». En plus de celà, il y a un système pour entraîner le fil dans un mouvement d'avance mais ce dernier n'est pas représenté sur le schéma.
- 2 Avant toute chose, le fil devra être placé entre les mors par l'opérateur.
- 3 Les mors devront ensuite êtres réglés de manière à ce qu'ils viennent serrer le fil.
- 4 La partie solidaire des mors est ensuite entraînée en rotation ainsi que le fil qui est entraîné dans un mouvement d'avance. Ceci crée le dressage du fil.

L'avantage de ce système est qu'il offre un très bon dressage dans toutes les directions ( Ce qui peu-être intéressant étant donné la courbure hélicoïdale des fils prélevés sur les bobines ). Le désavantage du système de dressage rotatif est sa complexité, avec un nombre de pièces en rotation important qui nécessite un équilibrage parfait et joue en défaveur de la sécurité.

Pour ces raisons le système de dressage rotatif ne sera pas retenu.

## 3-1°/c. Dressage par galets :



- 1** Le système est composé d'une rangée de galets fixes qui ont la possibilité de tourner sur eux mêmes. En face de cette première rangée sont disposés des galets réglables indépendamment. En plus ce là, il y a un système pour entraîner le fil dans un mouvement d'avance mais ce dernier n'est pas représenté sur le schéma.
- 2** Avant toute chose, Le fil devra être placé entre les deux rangées de galets.
- 3** La position des galets mobiles devra ensuite être réglée de manière à ce qu'ils viennent serrer le fil comme sur le schéma
- 4** Puis le fil sera entraîné dans un mouvement d'avance créant ainsi son dressage.

L'avantage de ce système est qu'il offre un bon dressage, qu'il reste assez simple avec peu de pièces en mouvement et que le réglage de la position des galets mobiles semble plus aisée que sur le système précédent ( dressage rotatif ). Le réglage possible de la position des galets permet de s'adapter aux différents diamètres et au différents matériaux qui constituent les fils à redresser. Le seul désavantage du système est qu'il dresse que dans un plan ce qui imposera peut-être plusieurs passes pour redresser totalement un échantillon ayant une courbure hélicoïdale.

Cette technique de dressage semble la plus adaptée, ce sera elle que l'on retiendra finalement pour notre système.







### 3-2° / Forme des galets de dressage


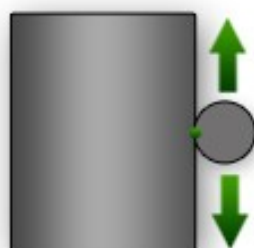
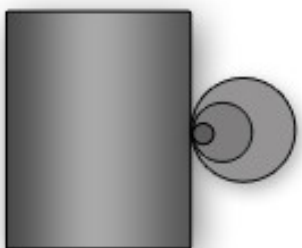
La forme des galets de dressage est primordiale car ils doivent pouvoir s'adapter aux différents diamètres que peuvent avoir les fils d'alliage tout en assurant leur guidage. Après réflexion, trois types de galets semblent adaptés :

- ◆ Les galets plats
- ◆ Les galets à rainure circulaire
- ◆ Les galets à rainure triangulaire

*Le choix de la forme sera déterminé selon trois critères allant de l'adaptabilité qui est le plus important, le guidage / Matage du fil et enfin la forme et le prix du galet. Ces critères sont pondérés en fonction de leurs importances.*

#### 3-2° /a. Galets plats

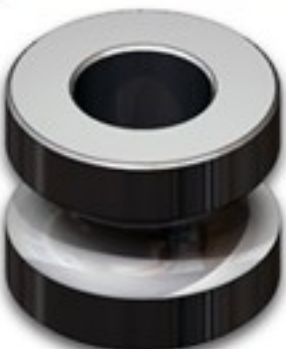
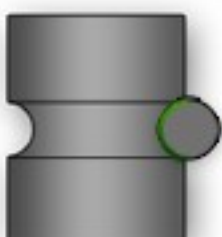
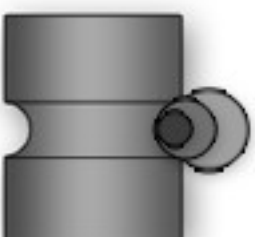
Tableau de délibération : Galets plats

Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
		
Ces galets sont de forme simple : il s'agit tout simplement de cylindres simples et peu coûteux à réaliser.	Le fil est en appui sur le galet grâce à une seule liaison ponctuelle ce qui, d'une part implique un risque de matage, et d'autre part ne guide pas du tout le fil et le laisse libre de s'échapper par le haut ou par le bas.	Ce type de galets s'adapte parfaitement à tous les diamètres de fils.
Note : 5/5	Note : 0/7 ( Elimatoire )	Note : 8/8

A cause du problème de non guidage du fil, la solution des galets plats ne sera pas celle que l'on retiendra pour notre système.

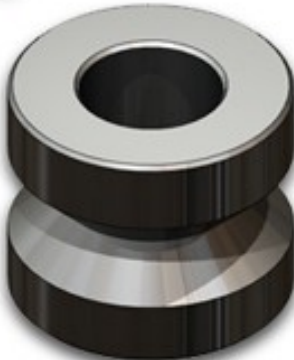
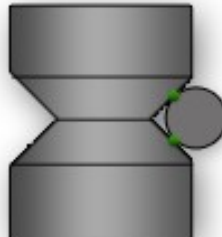
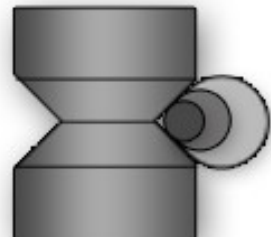



### 3-2°/b. Galets à rainure circulaire

Tableau de délibération : Galets à rainure circulaire		
Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
		
<p>Ces galets reprennent la forme des galets précédents avec une rainure à profil circulaire sur tout le pourtour. Ces galets restent assez simples à réaliser en tournage.</p>	<p>Le fil est en appui sur le galet grâce à une <u>laison linéique</u> ce qui répartit assez bien la pression de contact et empêche tout risques de matage. La forme circulaire permet d'autre part d'assurer un guidage optimal du fil entre les deux galets.</p>	<p>Ce type de galets n'est utilisable que pour un unique diamètre de fil régité par le rayon du profil de la rainure. Il faudra donc une série de galets pour chaque diamètre.</p>
<p>Note : 3/5</p>	<p>Note : 7/7</p>	<p>Note : 0/8 ( Eliminateur )</p>

Pour des raison de non adaptabilité face aux diamètres de fils que l'on doit redresser, les galets à rainure circulaire ne seront pas retenus.

### 3-2°/c. Galets à rainure triangulaire

Tableau de délibération : Galets à rainure triangulaire		
Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
		
		

<p>Ces galets reprennent la forme des galets précédents sauf que le profil de la rainure est triangulaire au lieu d'être circulaire. La forme triangulaire de la rainure est encore plus simple à obtenir que la forme circulaire.</p>	<p>Le fil est en appui sur le galet grâce à deux appuis ponctuels ce qui peu provoquer un léger matage. Malgré cela le guidage est lui très bon.</p>	<p>Grâce a sa rainure triangulaire ce type de galet d'adapte parfaitement à tout les diamètres de fils.</p>
<p>Note : 4/5</p>	<p>Note : 4/7</p>	<p>Note : 8/8</p>

Le principe de galets à rainure triangulaire semble donc le plus adapté pour notre système.

### 3-3° / Système d'avance

Comme nous l'avons dit précédemment, un système d'avance devra être implanté pour entraîner le fil afin de réaliser son dressage. Ici, une seule solution nous a semblée vraiment valable et compatible avec le système de dressage par galets :

- ◆ Le système de galet presseur en caoutchouc motorisé par un moteur électrique.



- 1** Le système est composé d'un ou plusieurs galet(s) motorisé(s) en matière adhérente dont la position est réglable par rapport à un galet fixe qui se trouve en face.



- 2 Le fil devra ensuite être engagé entre les deux « rangées » de galets.
- 3 La rangée du ou des galet(s) motorisé(s) devra ensuite être réglée de manière à presser le fil et ainsi transformer par adhérence le mouvement de rotation du ou des galet(s) en mouvement d'avance du fil.



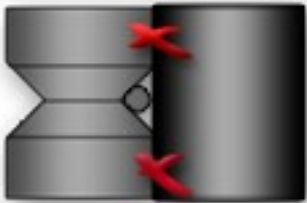
Voilà pour le principe, reste maintenant à déterminer le nombre et la forme du ou des galet(s) presseur(s). Pour garder une « ligne » de contact, le galet fixe devra obligatoirement avoir la même forme et être sur la même ligne que les galets de dressage qui le précède ( sur sa rangée, celle qui est fixe ).

### 3-4° / Forme et nombre du ou des galet(s) presseur(s).

La forme et le nombre du ou des galet(s) presseur(s) est primordiale car le système d'avance doit s'adapter aux différents diamètres que peuvent avoir les fils d'alliage tout en assurant une adhérence optimale afin de pouvoir transmettre et transformer le mouvement de rotation du galet en mouvement d'avance du fil. Après réflexion, trois types de solutions semblent adaptés.

*Le choix de la forme et du nombre des galets sera déterminé selon trois critères allant de l'adaptabilité, du facteur adhérence et enfin de la forme et du prix du galet. Ces critères sont pondérés en fonction de leurs importance.*

#### 3-4°/a. Un seul galet presseur plat :

Tableau de délibération : Un galet presseur plat		
Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
		
<p>Ce galet est de forme simple, il s'agit simplement d'un cylindre très simple à réaliser en tournage.</p>	<p>L'adhérence se fait par un contact ponctuel mais le fait qu'il y ai un galet juste en face permet de pouvoir presser le fil assez fort et ainsi compenser la faible surface de contact.</p>	<p>Le système s'adapte bien pour les gros diamètres mais à partir d'un certain diamètre, le galet presseur touche le galet fixe et ne peut plus entraîner le fil dans un mouvement d'avance.</p>
<p>Note : 5/5</p>	<p>Note : 5/7</p>	<p>Note : 0/8 ( Eliminateur )</p>


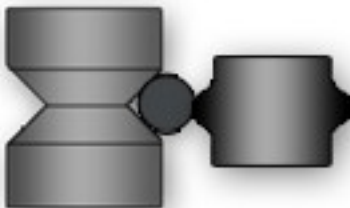


Puisqu'il ne s'adapte pas à tout les diamètres, le système d'avance par un seul galet plat ne convient pas.

### 3-4°/b. Deux galets presseur plats :

Tableau de délibération : Deux galets presseur plats		
Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
 <p>+ Système d'adaptation</p>		
<p>Les galets sont de forme simple, il s'agit simplement de cylindres faciles à obtenir. Cependant cette solution implique un système complexe pour éxcentrer et motoriser les deux galets.</p>	<p>L'adhérence se fait par deux contact ponctuels. Par contre les galets motorisés ne sont plus en face du galet fixe et l'effort presseur ne pourra pas être aussi important que pour la solution précédente ( Sous peine de déformation du fil ).</p>	<p>Etant donné que les galets sont excentrés, le problème de la solution précédente est résolu et le système s'adapte donc à tout les diamètres de fils.</p>
<p>Note : 1/5</p>	<p>Note : 5/7</p>	<p>Note : 8/8</p>

Cette solution obtient donc une note de 14/20. Malgré cette assez bonne note le système à deux galets ne semble pas apporter grand chose puisque du point de vue de l'adhérence, ce qu'il gagne en surface de contact, il le perd en effort presseur. De plus il est bien plus compliqué et donc coûteux qu'un système à un seul galet.

### 3-4°/c. Un galet presseur de forme spéciale :

Tableau de délibération : Un galets spécial		
Forme / Prix	Guidage / Matage	Adaptabilité
		 



Le galet a une forme cylindrique avec une appendice de révolution de profil elliptique. Malgré sa forme spéciale, ce galet reste facile obtenir en tournage CN.	L'adhérence se fait par l'intermédiaire d'un seul contact ponctuel mais le fait qu'il y ait un galet juste en face permet de pouvoir presser le fil assez fort et ainsi compenser la faible surface de contact.	La forme spéciale du galet permet de pouvoir s'adapter à tous les diamètres de fils.
Note : 3/5	Note : 5/7	Note : 8/8

Ce qui nous donne une note finale de 16/20 qui est la plus élevée des trois, on choisira donc un seul galet de cette forme pour le système d'avance.

### ★ Position du système d'avance :

Reste maintenant à déterminer si on place ce système d'avance avant ou après le dressage. Si il est positionné après, l'opérateur devra obligatoirement engager le fil entre les galets de dressage jusqu'à ce qu'il soit en contact avec le galet motorisé. Si le système d'avance est positionné avant celui de dressage, l'opérateur n'aura pas à réaliser cette opération. Malgré ceci, on choisira finalement de positionner le système d'avance après celui de dressage car le placer avant engendrerait des risques de « bourrage » du fil.

### 3-5°/ Système d'ouverture / fermeture rapide

Comme on l'a vu précédemment, l'opérateur devra dans un premier temps engager le fil entre les deux rangées de galet ( jusqu'au galet motorisé ) avant de procéder au dressage. Pour des raisons pratiques nous avons donc décidés d'implanter un système d'ouverture et de fermeture rapide ( pour la rangée des galet mobiles ) pour éviter à l'opérateur de devoir régler la position de tout les galets de dressage et du galet motorisé à chaque dressage.

Ce système sera composé d'un berceau mobile par rapport au bâti ( ou sont montés les galets fixes ) sur lequel il y aura un système de réglage indépendant de chaque galet mobile. Ce berceau mobile aura qu'une translation comme mouvement possible, cette dernière devra être réaliser le plus simplement possible par l'opérateur. A ce stade d'études préliminaires, trois solutions nous semblaient adaptées :

- ◆ La solution par vérins pneumatiques
- ◆ La solution par came « horizontale »
- ◆ La solution par came « verticale »

*Les trois solutions seront choisies en fonction de trois critères principaux : L'efficacité, la simplicité, le prix et l'ergonomie. Ces trois critères seront pondérés en fonction de leur importance.*



## 3-5°/a Solution par vérins pneumatiques :

Tableau de délibération : Solution par vérins pneumatiques		
Simplicité / Prix	Efficacité	Ergonomie
<p style="text-align: right;">vérins</p>		
<p>Pour cette solution, la partie mobile est entraînée en translation par l'intermédiaire de deux vérins fixés sur chacune de ses extrémités. Cette solution semble simple et utilise beaucoup d'éléments standard ( vérins, distributeurs... ) mais ces derniers coûteront cher.</p>	<p>Cette solution semble présenter un défaut : La partie mobile devant être guidée en translation sur le bâti par autre chose que les deux vérins, ces derniers devront pousser et tirer exactement de la même manière sous peine d'arc boutement de la partie mobile.</p>	<p>Ce système est très ergonomique : l'opérateur aura juste à appuyer sur un bouton commandant un distributeur qui fera en sorte de faire avancer ou reculer la partie mobile.</p>
Note : 2/5	Note : 4/10	Note : 5/5

Cette solution obtient donc une note finale de 11/ 20, elle pêche à cause de son prix et de son problème d'arc boutement.

## 3-5°/b Solution par came « horizontale »

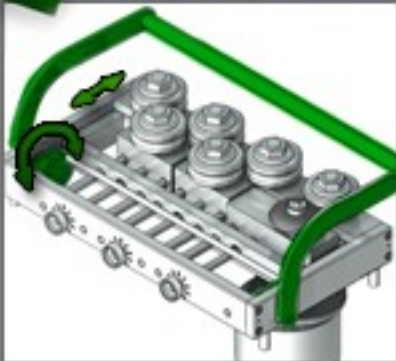
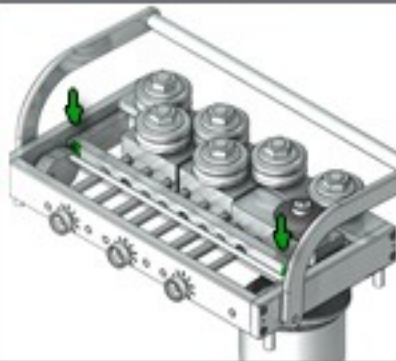

Tableau de délibération : Came horizontale		
Simplicité / Prix	Efficacité	Ergonomie



<p>Pour cette solution, la partie mobile est entraînée en translation grâce à la rotation d'une came horizontale. Le rappel est assuré par deux ressorts. Cette solution utilise des éléments mécaniques simples et peu coûteux.</p>	<p>Le problème de ce système est qu'il ne peut disposer que « d'une seule came » qui poussera sur une portion trop petite face à la dimension de longueur de la partie mobile. La translation du mobile sera donc certainement difficile à se faire.</p>	<p>La came semble facilement manipulable par l'intermédiaire d'un levier même si la position horizontale ne semble pas la plus ergonomique ( elle ne permet pas de pouvoir faire un long levier ).</p>
<p>Note : 5/5</p>	<p>Note : 5/10</p>	<p>Note : 4/5</p>

Cette solution obtient donc une note de 13 / 20. Le système de came semble tout aussi adapté ( Il présente aussi l'avantage de ne pas être réversible ) et surtout beaucoup moins cher que le système par vérins. Reste maintenant à régler le problème d'efficacité que rencontre cette solution

### 3-5°/c Solution par came « verticale »

Tableau de délibération : Came verticale		
Simplicité / Prix	Efficacité	Ergonomie
		
<p>Comme pour la solution précédente, le berceau mobile est entraîné en translation grâce à la rotation d'une came, verticale ce coup-ci. Le rappel est toujours assuré par deux ressorts. Cette solution reste très simple et peu coûteuse même si un guidage en rotation supplémentaire et un levier plus complexe seront nécessaire.</p>	<p>Grâce à sa position verticale la came peu agir sur les deux extrémités du berceau mobile. Tout problème d'arc-boutement est donc supprimé et la translation sera assurée à tout les coups.</p>	<p>La position verticale de la came permet une meilleure prise en main du levier que pour la solution précédente.</p>
<p>Note : 3/5</p>	<p>Note : 10/10</p>	<p>Note : 5/5</p>







Cette solution obtient donc une note de 18 / 20, elle reprend les avantages de la solution précédente sans en avoir les inconvénients. On retiendra donc cette solution pour notre système d'ouverture et de fermeture rapide.

### 3-6° / Solution pour le réglage des galets mobiles :

Afin de s'adapter aux différents diamètres et aux différents matériaux qui peuvent constituer le fil, notre système devra donc obligatoirement disposer d'une rangée de galets dont la position pourra être réglée.

Ici, une seule solution nous semblait réellement valable pour réaliser ce réglage: La combinaison d'un module ( sur lequel il y aura un galet ) guidé en translation sur la partie mobile du système et dont le mouvement sera créé par la rotation d'une vis avec laquelle il sera en liaison hélicoïdale.



### 3-7° / Solution pour le réglage des galets mobiles :

La détermination du nombre de galets de dressage nous a posé quelques problèmes car on était pas vraiment sûr de l'influence que cela pouvait avoir sur le fonctionnement de la machine.

Après étude de la concurrence ( sur des systèmes de dressage pour un diamètre fixe donné ), il semblerait que leur nombre influe sur la précision de dressage et soit fonction du diamètre du fil. Etant donné la précision imposée et la plage de diamètre que le système aura à redresser, il ressortait ( selon ce qu'il se fait sur le marché ) que 2 galets sur une rangée et 3 sur l'autre soit la combinaison la plus adéquate.

### 3-8° / Système de dressage primaire :

Le rayon de courbure des fils que l'on a à redresser varie de 0,5 à 1,5m. Afin de pouvoir insérer ces fils entre les deux rangées de galets pour les redresser, il est indispensable de diminuer ce rayon de courbure.

Pour les fils de faible diamètre l'opérateur pourra faire le pré-dressage à la main mais pour ceux de gros diamètre il faudra quelque chose de plus adapté. Pour ces raisons nous avons décidé d'implanter un système de dressage primaire sur notre machine. Les principaux critères de sélection pour ce système de dressage primaire sont la simplicité de conception, de fabrication, d'utilisation et un coût le plus réduit possible.

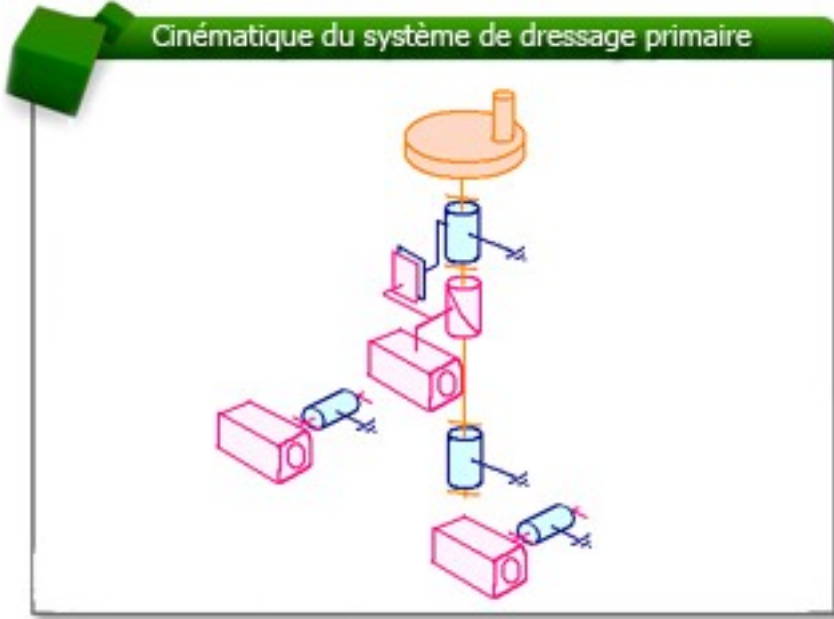
Le système de dressage primaire se présentera de la manière suivante : on aura deux éléments fixes espacés d'une certaine distance sur lesquels on viendra poser ou guider le fil, puis un troisième élément central viendra presser le fil pour le dresser.

Etant donné que nous avons à redresser des fils, pour éviter toute torsion aléatoire, il convient qu'il soit guidé dans les 3 éléments. Les 3 éléments seront donc munis d'un alésage dans lequel on fera passer le fil.

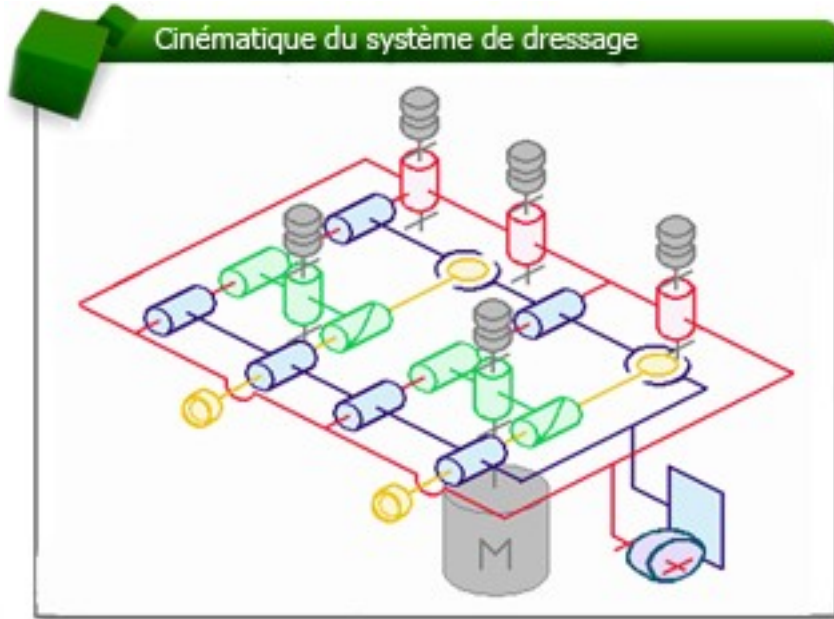


La translation de l'élément central sera réalisée grâce à un système écrou vis sans fin + appui plan. Cette solution a l'avantage d'être peu coûteuse et d'avoir une commande en rotation ( depuis une manivelle par exemple ) ce qui est très ergonomique ; l'autre avantage de ce système est qu'il dispose d'un haut rapport de réduction qui fera que l'effort que l'opérateur devra fournir sur la manivelle restera relativement faible même pour les plus gros fils.

A cela il faudra rajouter un guidage en rotation sommaire des éléments placés aux extrémités pour qu'ils puissent suivre la courbure du fil. Ce qui nous donne la cinématique suivante :



**3-9° / Conclusion, cinématique du système de dressage:**



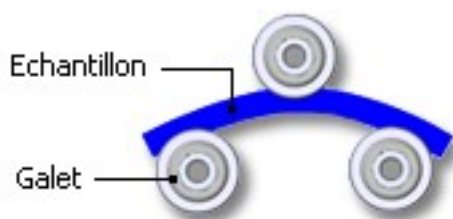


## 1 Calcul de la flèche de dressage

Avant toute chose, on a jugé bon d'essayer de trouver la formule qui déterminerait l'écart entre la rangée fixe de galets et les différents galets mobiles en fonction du diamètre du fil et de son matériau. En effet, cette formule nous donnera la plage de réglage que devra avoir notre système, ce qui nous donnera un point de départ pour son réaliser son dimensionnement.

### 1-1°/ Modèle de calcul :

Pour trouver cette flèche idéale ( qui représente l'écart idéal entre deux rangées de galets en fonction d'un fil donné ), on a dû utiliser un modèle de calcul bien particulier :



#### Conditions initiales réelles :

Au commencement du dressage nous avons ( localement ) notre fil courbé en contact, d'un coté, avec deux galets fixes et de l'autre, avec un galet mobile qui va lui « appuyer » dessus pour le détordre.



#### Conditions initiales du modèle :

Le « point de départ » de notre modèle de calcul se trouve au résultat final que l'on veut obtenir : c'est à dire lorsque le fil est parfaitement rectiligne.

■ Non Contraint ■ Limite élastique



#### Conditions « finales » du modèle :

On regarde ensuite la flèche à atteindre ( depuis la position ou le fil est droit ) pour fléchir le fil jusqu'à ce qu'il atteigne sa limite élastique ; de cette manière, on sera sur que lorsque le fil ne sera plus contraint, il reprendra une forme parfaitement rectiligne.

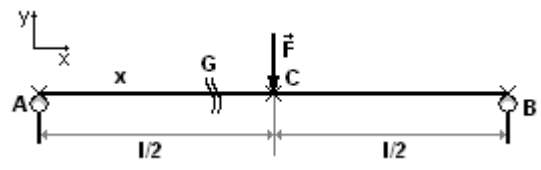
Ce modèle de calcul a l'avantage de travailler avec des distances ( la flèche ) et non des forces ce qui est mieux pour traduire un réglage. Il a aussi l'avantage de ne pas être dépendant de la courbure réelle du fil ( qui pourra varier en fonction du diamètre extérieur des bobines de fils ).

### 1-2°/ Détermination de la flèche :

Pour ce calcul, on se place à l'échelle d'un galet mobile ( en C ) positionné face aux deux galets fixes ( en A et en B ).



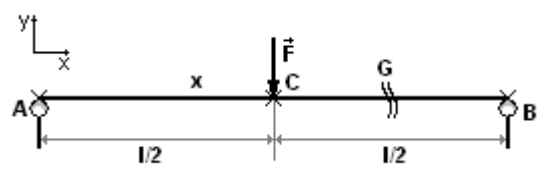
Dans le tronçon AC :



$$\vec{M}_{T_A G} = \vec{G}A \wedge \vec{R}_{T_A} = \begin{bmatrix} -x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ Y_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -xY_A \end{bmatrix}$$

$$[T_{Coh}]_G = -[T_A]_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -Y_A & 0 \\ 0 & xY_A \end{bmatrix}_G$$

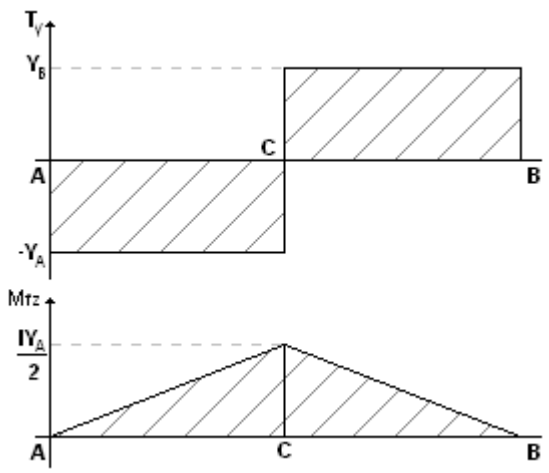
Dans le tronçon CB :



$$\vec{M}_{T_B G} = \vec{G}B \wedge \vec{R}_{T_B} = \begin{bmatrix} l-x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ Y_B \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ lY_B - xY_B \end{bmatrix}$$

$$[T_{Coh}]_G = -[T_A]_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -Y_B & 0 \\ 0 & lY_B - xY_A \end{bmatrix}_G$$

Diagrammes :



On a donc :

$$Mfz_{max} = \frac{lY_A}{2}$$

Condition de resistance :

$$R_e = \frac{Mfz_{max}}{I} \cdot \frac{d}{2} = \frac{d \cdot Mfz_{max}}{2 \pi \cdot d^4} = 32 \frac{Mfz_{max}}{\pi d^3} = 16 \frac{lY_A}{\pi d^3} \quad \text{On a donc : } Y_A = \frac{R_e \cdot \pi d^3}{16l}$$

Or on a  $Y_A + Y_B = F$  donc :  $F = 2Y_A = \frac{R_e \cdot \pi d^3}{8l}$  On a alors :

$$f_{max} = \frac{\frac{R_e \cdot \pi d^3}{8 \cdot l} \cdot l^3}{48 E \cdot \frac{\pi d^4}{64}} = \frac{R_e \cdot l^2}{6 \cdot E d}$$

Ainsi, on obtient la flèche de dressage idéale, sa valeur depend de la limite élastique, du module de young, et du diamètre de l'échantillon de fil.

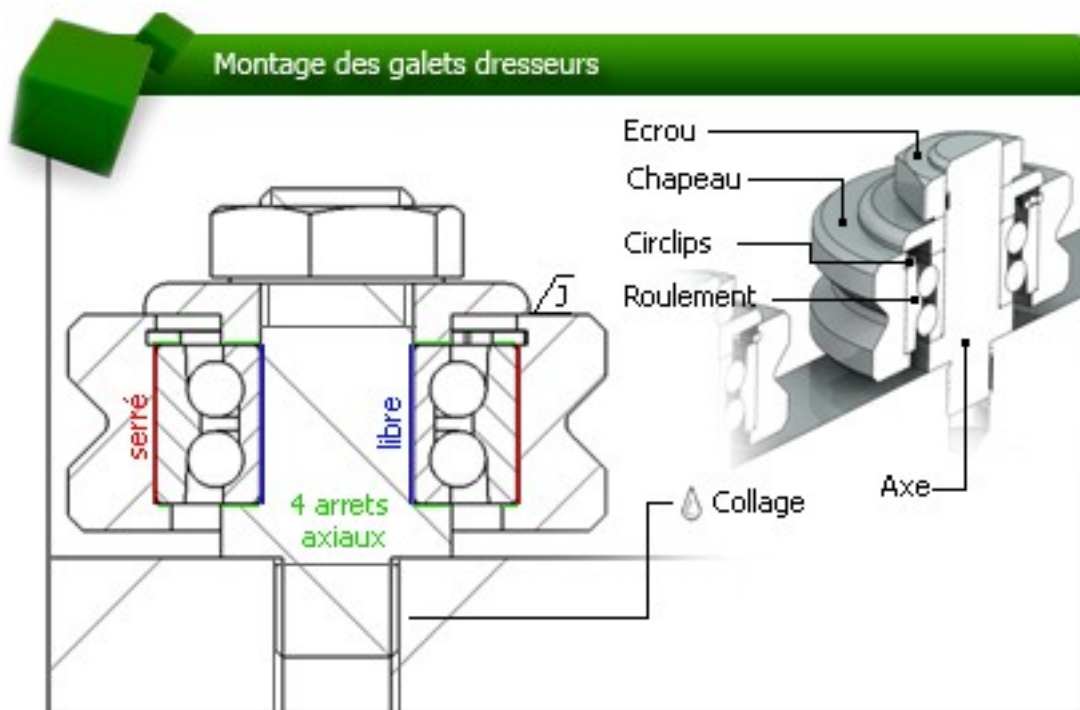


## 2 Les galets de dressage

### 2-1° / Conception :

Comme on l'a vu lors de la phase d'étude d'avant projet, tous les galets devront être en liaison pivot avec soit les modules réglables, soit le bâti. Pour des raisons de coût et de simplicité d'usinage, nous avons choisi de séparer l'axe de la pivot ( obtenu en tournage) du module et du bâti ( obtenus en fraisage ). La liaison encastrement de cet axe dans chacune de ces deux pièces sera réalisée par vissage plus collage.

Pour réaliser la liaison pivot entre l'axe et le galet, nous avons choisi la technologie du roulement à billes double rangée à contact oblique ( Réf. 3204 ). Ce roulement a l'avantage de pouvoir encaisser de fortes charges radiales, qui seront majoritaires dans notre cas, mais il a aussi l'avantage de tolérer des charges axiales, qui pourront être présentes ( dans une moindre mesure ) dans notre cas à cause de la légère forme hélicoïdale des échantillons de fil à redresser.



Le galet étant l'élément tournant, ce sera la bague extérieure qui sera montée serrée. Cette dernière est bloquée axialement par un épaulement et un anneau élastique. La bague intérieure du roulement est quand à elle montée libre, elle est arrêtée par un épaulement et un chapeau lui-même bloqué grâce à un écrou. En plus de son rôle d'arrêt en translation, le chapeau permet de protéger le roulement du milieu extérieur.

### 2-2° / Etude de résistance :

*Dans cette sous partie nous allons vérifier la résistance et la durée de vie des pièces sensibles qui réalisent la liaison pivot du galet.*





## ★ Durée de vie des roulements:

Pour calculer la durée de vie du roulement, on va devoir déterminer la vitesse de rotation maximale du galet. Pour cela, nous allons nous baser sur la durée de dressage imposée qui est de 15s et sur la longueur maximale d'un échantillon qui est de 2m.

Grâce à cela on peut trouver la vitesse d'avance maximale du fil :  $V_{fil} = \frac{L_{fil}}{t_{dres}} = \frac{2}{15} = 0,14 \text{ m/s}$

Sachant que le diamètre du galet est de 70 mm, sa vitesse de rotation maximale sera donc de :  $N_{galet} = \frac{V_{fil}}{\pi d_{galet}} = \frac{0,14 \times 60}{\pi 7 \cdot 10^{-3}} = 38 \text{ tr/min}$

Il nous faut aussi déterminer les efforts appliqués au roulement. Les efforts axiaux étant inquantifiables et très faibles, nous admettrons qu'il n'y a que des efforts radiaux. Ces efforts sont dus au dressage. Le modèle de calcul précédent nous indique que l'effort de dressage vaut :

$$Y_A = \frac{R_e \cdot \pi d^3}{16 \times l}$$

Dans le cas le plus défavorable ( Fil de diamètre 12 ayant la plus grande résistance élastique des matériaux de la gamme de CLAL-MSX ) et en appliquant un coefficient de sécurité de 1.5, on obtient  $Y_A = 1320 \text{ N}$ . Dans le pire des cas, cet effort est appliqué sur un galet ( le galet mobile ), donc sur un seul roulement.

En suivant une démarche industrielle ( SNR ) on trouve les résultats suivants :

Durée de vie des roulements

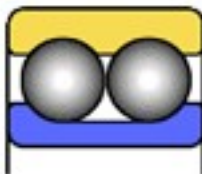

### Fiche technique

**Référence SNR 3204 A**  
Roulement à deux rangées de billes à contact oblique

**Durée de vie**

---

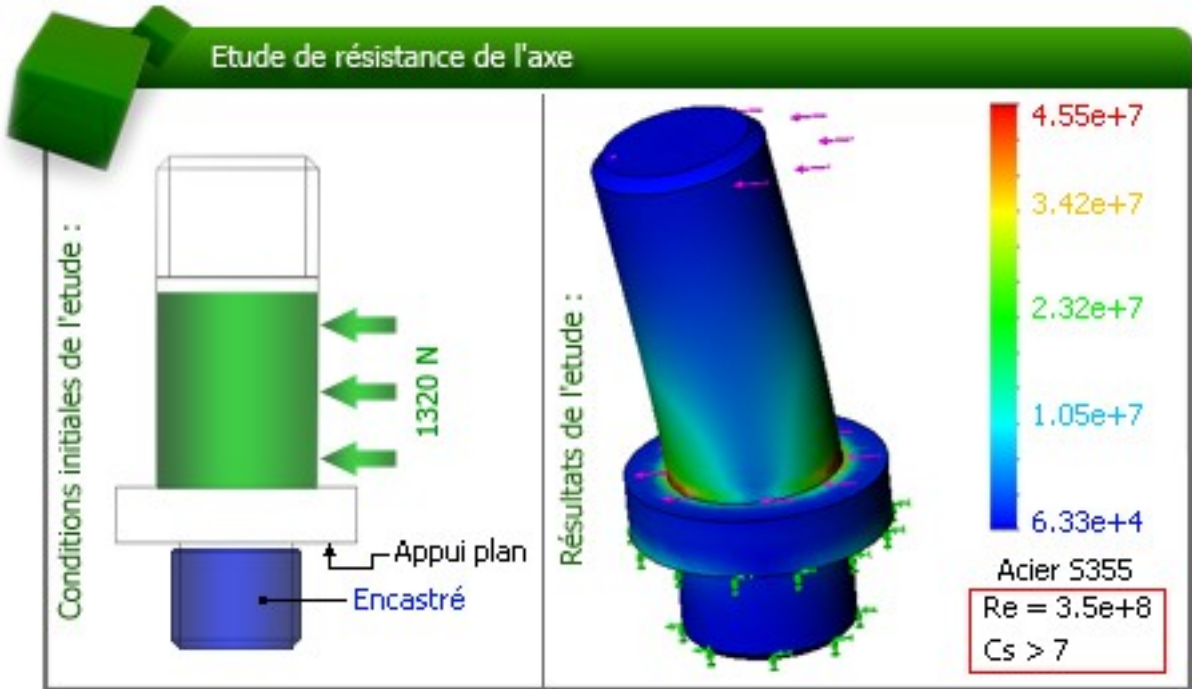
Capacité dynamique ISO (C) : 1960 daN  
Effort radial dynamique : 132 daN  
Effort axial dynamique : -  
Durée de vie L10 (ISO) : > 200000 Heure(s)  
Coefficient a2 : 1

## ★ Résistance de l'axe :

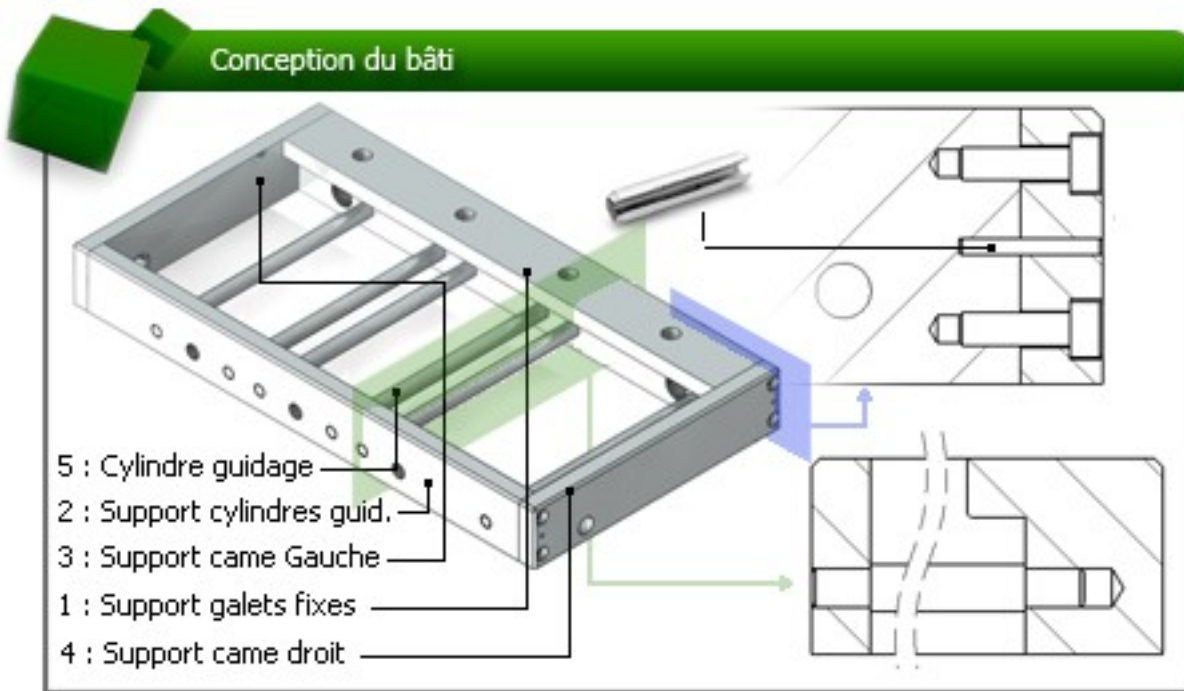
L'axe le plus sollicité est soumis au même effort que le roulement le plus sollicité soit 1320N. Cet effort est unidirectionnel et appliqué sur la surface en contact avec la bague intérieure du roulement. Une étude par éléments finis nous permettra de déterminer le coefficient de sécurité de notre pièce :





L'étude nous montre que la pièce dispose d'un coefficient de sécurité supérieur à 7. Elle résistera donc parfaitement aux contraintes imposées par le système.

### 3 Le bâti





Le bâti est réalisé par l'assemblage de quatre pièces parallélépipédiques obtenues en fraisage : ceci pour éviter d'avoir une seule pièce d'usinage complexe où il y aurait plus de copeaux que de matière, ou de devoir faire une pièce de fonderie pour une machine de fabrication unitaire.

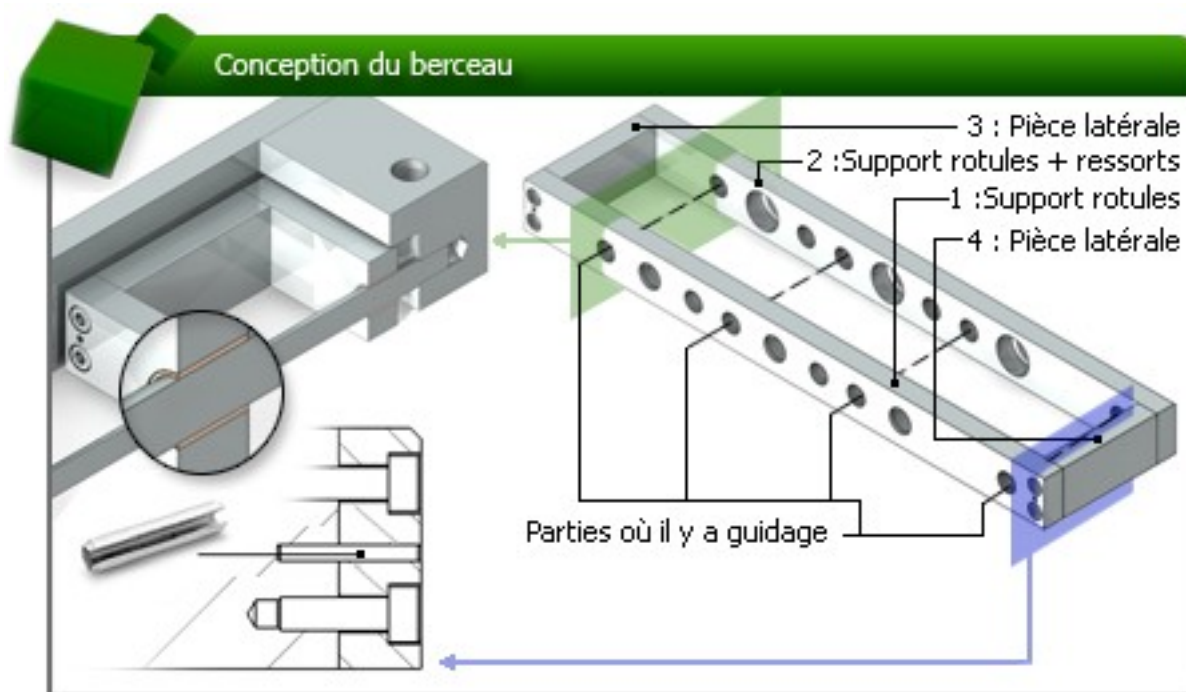
Le positionnement des 4 supports entre eux sont réalisés grâce à 4 goupilles élastiques et leurs assemblage est assuré grâce à 8 vis CHC.

Les cylindres de guidage sont là pour assurer la translation du berceau mobile ainsi que des modules ( que nous étudierons plus tard ). Ces cylindres sont logés entre les pièces 1 et 2 grâce à un centrage long et un appui plan dans chacune des pièces.

A noter que l'enlèvement de matière dans la pièce 1 est présent pour augmenter le débattement du berceau mobile.

4

## Le berceau mobile



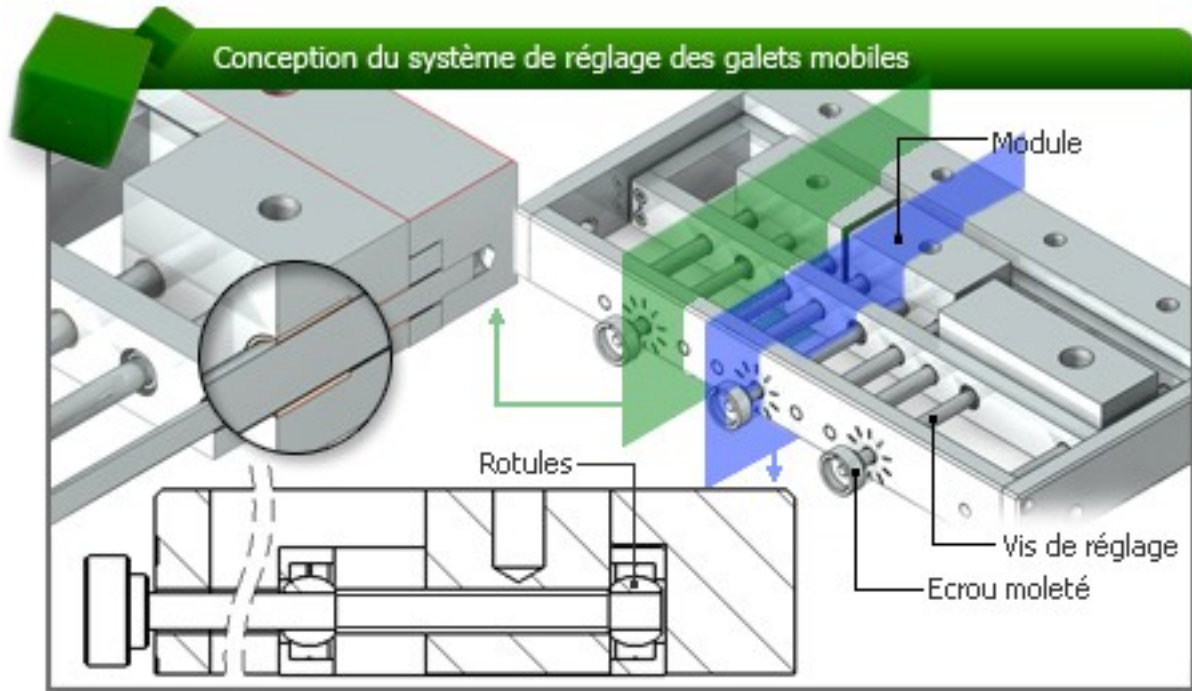
Le berceau mobile est lui aussi réalisé par l'assemblage de 4 pièces parallélépipédiques obtenues en fraisage. Comme pour le cas précédent, ces 4 pièces sont positionnées par des goupilles élastiques et assemblées grâce à des vis CHC.

La côte de hauteur de la pièce 2 est telle qu'elle puisse se glisser dans l'enlèvement de matière qu'il y a sur la pièce 1 du bâti.

Le guidage en translation du berceau sur les cylindres de guidage est facilité par l'ajout de 8 bagues en bronze autolubrifiantes. Ces bagues sont placés de manière à ce que certains des cylindre ne participe pas au guidage pour des raisons d'hyperstatisme.



## 5 Le système de réglage des galets mobiles



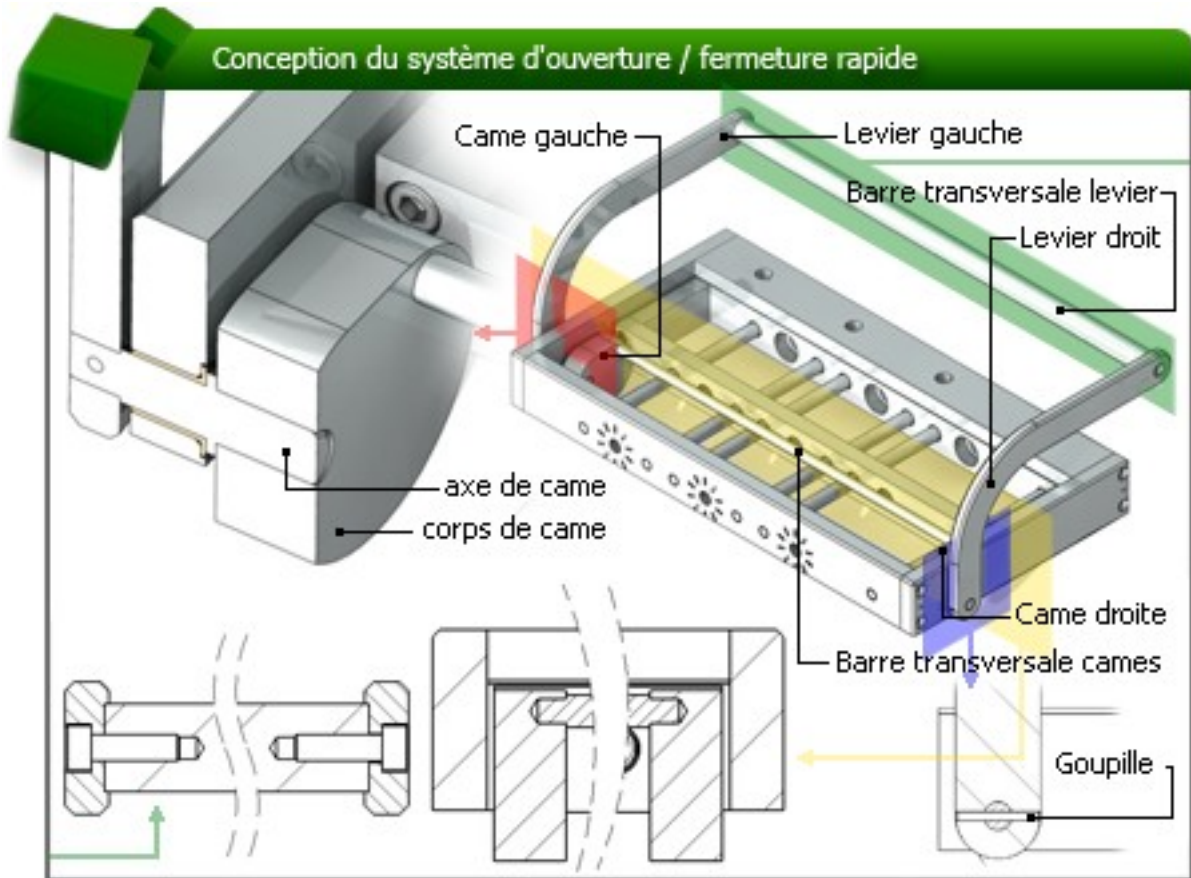
La liaison pivot des vis de réglage avec le berceau mobile est réalisée par des rotules. Ces vis sont en liaison hélicoïdale avec les modules qui sont eux mêmes en liaison glissière par rapport aux cylindres de guidage. Cette combinaison de liaison fait que le degré de liberté en rotation du module est supprimé, ainsi lorsque l'on tournera les vis de réglage, les modules vont translater le long des cylindres de guidage. A noter que Le glissement du module est facilité par des bagues en bronze autolubrifiantes.

Pour faciliter l'opération de réglage, un écrou moleté est visé et bloqué grâce à du frein filet au bout de chaque vis. Pour avoir une idée de la position angulaire de la vis, un repère est présent dans les écrous moletés et un cadran est gravé derrière l'écrou, sur le bâti.

## 6 Le système d'ouverture / fermeture rapide

### 6-1°/ Conception du système d'ouverture / fermeture rapide :

Comme nous l'avons décidé dans l'étude d'avant projet, la translation du berceau mobile est commandée par une came « verticale ». A cause des différents cylindres de guidage et des vis de réglage, une came ne pourrait pas agir sur toute la surface de la partie mobile. Voilà pourquoi nous aurons deux comes qui agiront sur chaque extrémité du berceau.

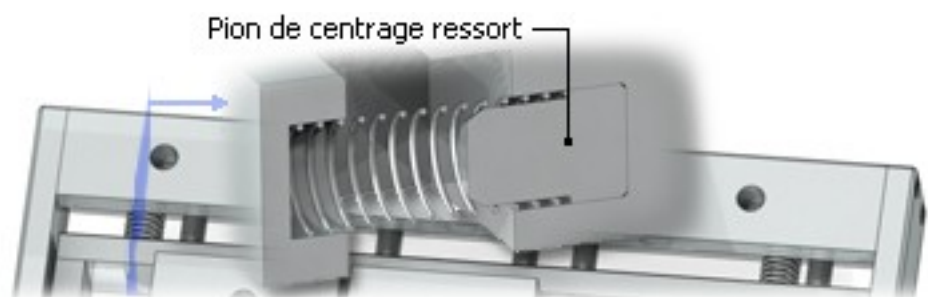


Pour faciliter l'usinage et diminuer les coûts, les cames sont réalisées en deux pièces : l'axe ( pièce de tournage ) et le corps de came ( pièce de tournage + fraisage ). L'encastrement de ces deux éléments est réalisé par un montage serré.

Les deux cames sont en liaison pivot « glissant » ( bloqué axialement que d'un coté ) avec le bâti, cette liaison est obtenue par l'intermédiaire de palier lisse qui facilitent la rotation. Les deux cames sont solidarisés par une barre transversale ( qui bloque axialement le coté qui était libre ) ; cette barre sert aussi de butée en rotation : en effet elle permet de dicter la position « fermée » de la came ( lorsque le point de contact de la came avec le berceau mobile et le point de pivot forment une droite horizontale ).

La rotation de la came est faite par un levier en 3 pièces qui vient se prendre de part et d'autre de l'axe des deux parties de la came. Le blocage en rotation du levier par rapport à la came sera réalisé par une goupille traversante.

Pour garder le berceau en contact avec la came, le rappel du système d'ouverture et de fermeture rapide est réalisé par deux ressorts. Le pion de centrage est là pour éviter que le ressort s'échappe sur les cotés lors de sa compression.

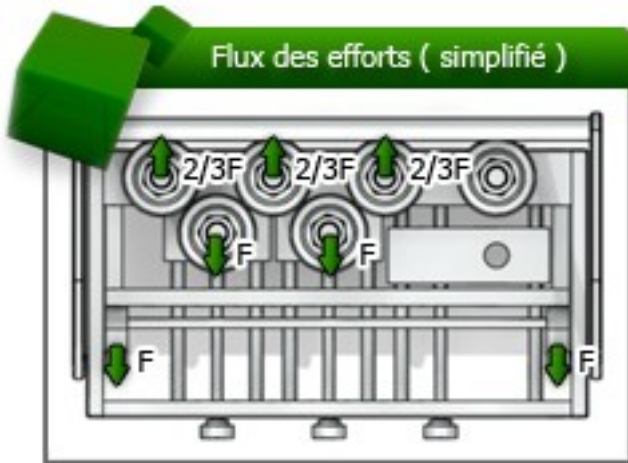




## 6-2° / Etude de résistance et justification des éléments standard:

Dans cette sous partie nous allons vérifier la résistance des pièces sensibles et justifier le choix des éléments standard du système d'ouverture / fermeture rapide.

### ★ L'axe de came :

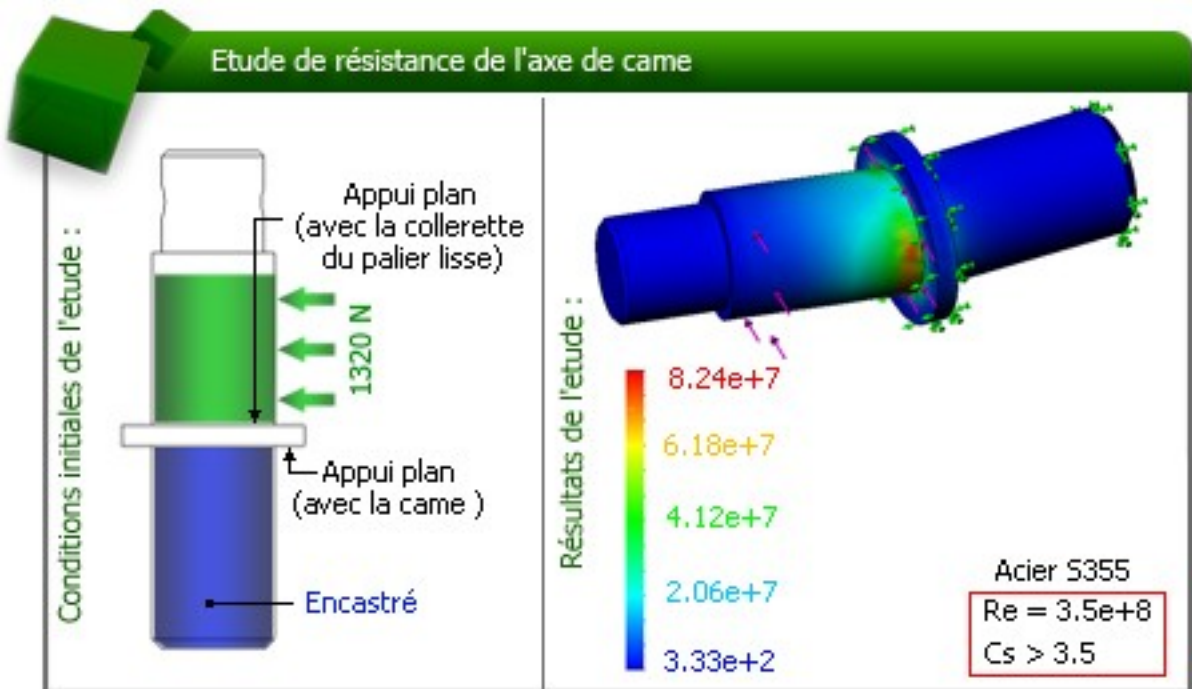


Grâce à notre modèle de calcul on sait que chaque galet mobile est soumis à un effort  $F$  qui vaut  $1320\text{N}$  dans le pire des cas.

Du point de vue du berceau mobile, l'effort résultant du dressage vaudra donc  $2F$  puisque nous avons deux galets mobiles.

Cet effort sera ensuite transmis aux deux cames qui encastreront donc un effort de  $F$  soit  $1320\text{N}$ . Cet effort est unidirectionnel et appliqué sur la surface de l'axe en contact avec le palier lisse.

Une étude par éléments finis permettra de déterminer le coefficient de sécurité de notre pièce : ( l'encastrement correspond à la partie de l'axe qui est encastrée dans le corps de came d'où provient l'effort )



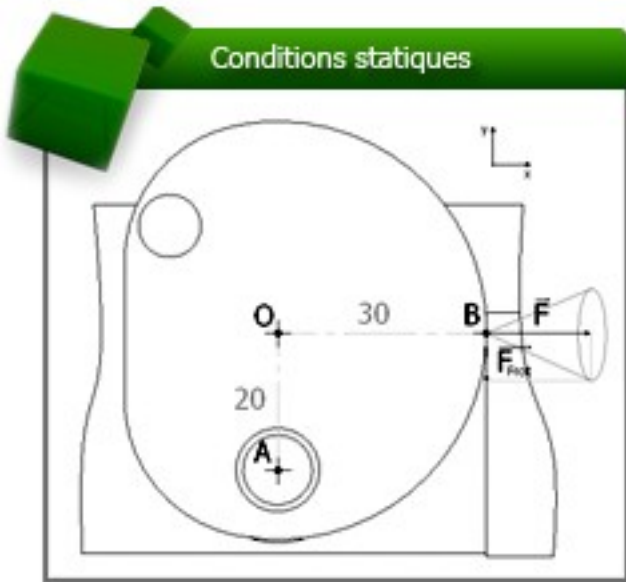
L'étude nous montre que la pièce dispose d'un coefficient de sécurité supérieur à 3.5. Elle résistera donc parfaitement aux contraintes imposées par le système.





## ★ La goupille du levier :

Détermination du couple maximal au niveau de l'axe de came :



Plus OA est grand, plus le couple à fournir sera important. Le modèle ci contre ne représente pas la réalité mais un cas défavorable qui s'en rapproche ( En effet pour cette position où OA est maximum, les deux galets ne presseront pas encore le fil et il n'y aura pas encore d'effort résistant ).

BAME : 2 actions mécaniques extérieures agissent sur la came :  $[T_A]_A$  et  $[T_B]_B$

La came et le berceau étant tous deux en acier et sachant que le coef. de frottement acier/acier est de 0.15, on a :

$$F_{frot} = \tan 0,15 \times F$$

On a :  $\vec{M}[T_B]_A = \vec{AB} \cdot \vec{R}[T_B] = \begin{vmatrix} 30 \\ 20 \\ 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} -F \\ \tan 0,15 \times F \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 30 \tan 0,15 F + 20F \end{vmatrix}$

PFS : Ce qui donne, en appliquant le théorème des moments en A :  $C_{came} = 30 \tan 0,15 F + 20 F$

Dans le pire des cas on a :  $F = 1320 N$  ce qui nous donne :  $C_{came} = 27,2 Nm$

Le levier qui actionnera cette came a une longueur de 230 mm. Il faudra donc dans le pire des cas , que l'opérateur exerce un effort de  $27,2/0,23 = 118,3 N$  ce qui est acceptable pour un effort de poussée.

Choix de la goupille :



On a deux levier qui actionnent les comes donc le couple  $C_{came}$  s'applique sur deux goupilles.

$$\text{Cela nous donne : } T = \frac{C_{came}}{4 \times r.5} = 1357,3 N$$

Les goupilles sont réalisées dans un acier trempé spécial dont la limite élastique  $R_e \geq 800 MPa$  .



En pratique, pour un acier de ce type on a  $R_g = 0,7 R_e = 560 \text{ MPa}$  en appliquant un coefficient de sécurité de 1,5 on obtient :  $R_{pg} = \frac{R_g}{S} = 374 \text{ MPa}$  .

Condition de résistance :

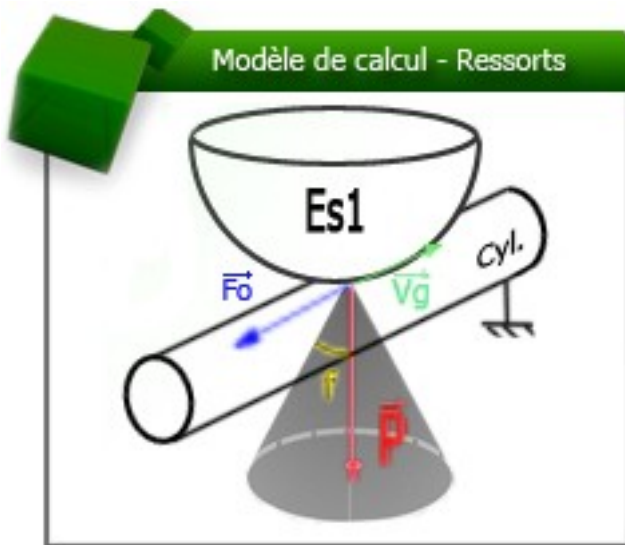
$$R_{pg} \geq \frac{T}{S} \geq \frac{1357,3}{\pi r^2} \quad \text{on a donc : } r^2 \geq \frac{1357,3}{374 \pi} \quad \text{soit, } \boxed{r \geq 1,15 \text{ mm}}$$

On choisira un diamètre normalisé de goupille de 3mm.

### ★ Les ressorts de rappel:

Le dimensionnement du ressort est important car il doit fournir un effort assez important pour que le berceau mobile reste en contact avec les cames. L'effort qui contre celui du ressort est dû au frottement du berceau mobile sur les rails de guidage.

Cet effort est donc dépendant du poids du berceau, des deux galets mobiles, du système de réglage, du système d'avance ( que nous étudierons juste après ) et des différents éléments standard. Il faut savoir que le poids de l'ensemble Es1 de ces pièces est d'environ 10 Kg.



Le modèle calcul choisi est le suivant : Nous avons l'ensemble des pièces Es1 qui glisse sur un cylindre de guidage. Bien que cela soit assez loin de la réalité, le contact entre Es1 et le cylindre de guidage est considéré comme ponctuel. Le frottement dû au poids  $P=100\text{N}$  crée un effort  $F_o$  qui s'oppose à la vitesse de glissement.

Le coefficient de frottement acier/bronze est de 0,09. On a donc :

$$F_o = f_{\text{bronze acier}} \times P = 0,09 \times 100 = 9\text{N}$$

Etant donné que notre modèle de calcul est assez loin de la réalité, il est indispensable de prendre un assez gros coefficient de sécurité pour être sûr que le ressort pousse toujours assez fort. Avec un coefficient de sécurité de 3, chacun des deux ressorts doit fournir un effort mini de 13,5N.

Le diamètre extérieur du ressort est fixé à 20mm. Ce ressort fournira son effort minimum lorsqu'il sera le plus détendu possible, soit pour une longueur de 55mm dans le cas de notre système. Il faudra donc que pour  $L_1=55\text{mm}$ ,  $F_1 > 13,5\text{N}$ .

Avec ces données et grâce à une démarche industrielle, on obtient un ressort avec les caractéristiques suivantes :

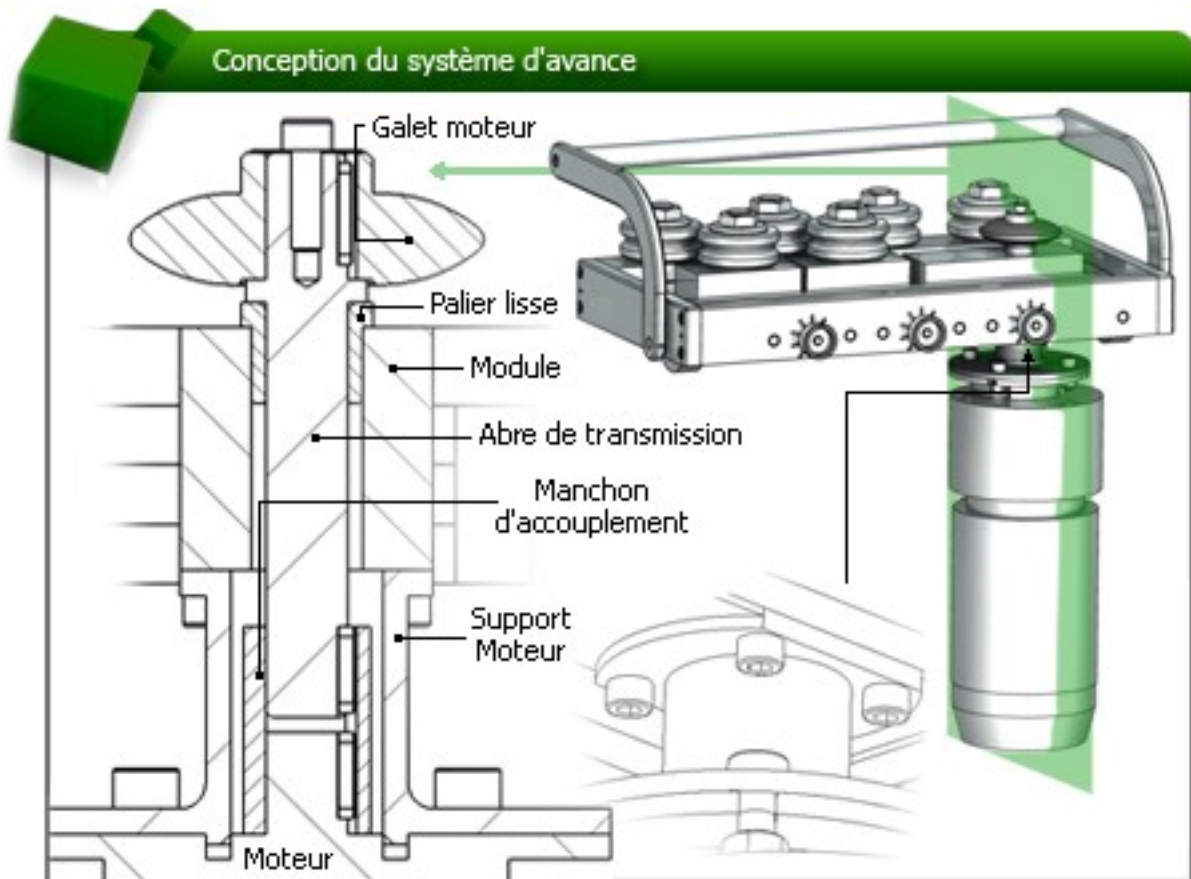
- ◆  $L_0 = 100\text{mm}$
- ◆ Raideur =  $0,27\text{N/mm}$
- ◆ 13,5 spires
- ◆ Diam. fil :  $1,2\text{mm}$



A noter qu'en position extreme comprimée, l'effort fournit par le ressort n'exède pas les 21.6N. On ne fait donc pas une grosse erreur en le négligeant pour les études de resistance ( celle de l'axe de came par exemple ).

## 7 Le système d'avance

### 7-1°/ Conception du système d'avance :



Le système d'avance est composé de deux éléments primordiaux : Le galet et le motoréducteur.

La chaîne de transmission de mouvement entre ces deux éléments est la suivante : L'axe du motoréducteur transmet un mouvement de rotation à l'arbre de transmission grâce à un manchon d'accouplement et de deux clavettes. L'arbre re-transmet ensuite le mouvement au galet par le biais d'une troisième clavette.

L'arbre de transmission sur lequel est encastré le galet est positionné dans un alésage du module. Son guidage en rotation est assuré par un palier lisse ( faible vitesse de rotation ).

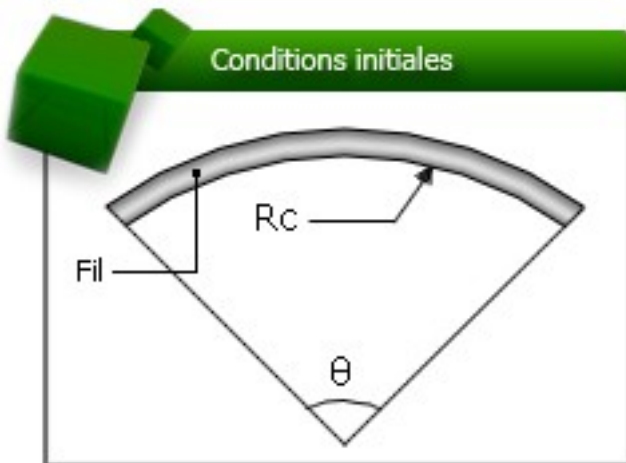
A cause de son encombrement, le motoréducteur est fixé au module par l'intermédiaire du support moteur. Pour que l'arbre de transmission et l'axe du motoréducteur soient bien concentriques, le support moteur est positionné sur le module et sur le motoréducteur grâce à des centrages courts.

Le blocage axial du galet sur l'arbre de transmission est réalisé par le couple vis+rondelle. Sa forme est complémentaire à celle du galet de guidage, cette forme a été étudiée afin de s'adapter à tous les diamètres de fil. Pour améliorer l'adhérence, le galet d'avance est recouvert d'un revêtement en caoutchouc.

## 7-2° / Etude de résistance et justification des éléments standard:

### ★ Le choix du motoréducteur

A notre niveau, le seul modèle de calcul pour déterminer la puissance du moteur qui s'approche de notre cas est le suivant : On émet l'hypothèse que la puissance que notre machine devra fournir pour detordre le fil est la même que celle qu'il faudrait pour passer d'un fil courbé à un fil rectiligne. Les conditions initiales de notre modèle de calcul sont les suivantes :



Nous avons un fil dont la courbure est donnée par l'angle  $\theta$ .

On sait par ailleurs que l'énergie de déformation pour redresser ce fil est égale à :

$$Ed = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot I}{L} \times \theta^2$$

Dans le pire des cas  $Rc=0,5m$ ;  $L=2m$ ;  $d=12mm$ ;  $E=110000MPa$

$$\theta = \frac{360L}{\pi \times 2Rc} = 229^\circ = 4 \text{ rad}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 1017,9 \text{ mm}^4 = 1,018 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$Ed = \frac{1}{2} \cdot \frac{110000 \times 10^{-6} \cdot 1,018 \times 10^{-9}}{2} \times 4^2 = 447,86 \text{ joules}$$

Or cette énergie est à fournir en 15 secondes ( temps de dressage imposé ) ce qui nous donne une puissance de 30W. Cette puissance est extrêmement faible, il semblerait que notre modèle de calcul soit assez éloigné de la réalité. Pour ces raisons nous choisirons d'appliquer un coefficient de sécurité de 3 nous donnant une puissance de 90W pour le moteur.

On sait que la vitesse de rotation du galet moteur donc du moteur devra être de :

$$N_{\text{galet}} = \frac{V_{\text{fil}}}{\pi d_{\text{galet}}} = \frac{0,14 \times 60}{\pi \cdot 7 \cdot 10^{-3}} = 38 \text{ tr/min}$$

On prendra donc un moteur LS 56 L couplé à un réducteur de type Cb 1503 36 71P nous donnant ainsi une puissance de 90W pour une vitesse de sortie de 36 tr/min.

### ★ Les cylindres de guidage

La masse du système d'avance complet est d'environ 7kg. Cette masse ainsi que le moment de l'effort presseur du galet sera supporté par les deux cylindres de guidage qui guident







le module sur lequel le système est implanté.

Le centre de gravité de l'ensemble du système est centré par rapport aux deux cylindres de guidage ( sur x ). Cela signifie que l'action du poids sur chacun des cylindres vaut :

$$P_{\text{cyl}} = \frac{7 * 9,81}{2} = 34,4 \text{ N}$$

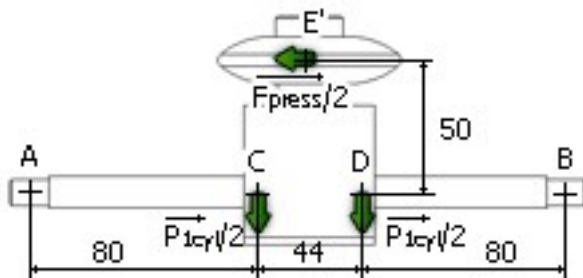
L'effort presseur dépend de l'effort de traction qu'il faudra appliquer au fil lors du dressage.

On sait que le couple au niveau du moteur donc du galet est de :  $C_{\text{galet}} = \frac{P_{\text{mot}}}{\omega_{\text{mot}}} = 23 \text{ Nm}$

Nous avons donc :  $F_{\text{tract}} = \frac{C_{\text{galet}}}{r_{\text{galet}}} = 328,5 \text{ N}$

Sachant que le coefficient de frottement alliage de cuivre / caoutchouc est d'environ 0,6, en utilisant la loi de coulomb on obtient :  $F_{\text{press}} = \frac{F_{\text{tract}}}{0,6} = 547,5 \text{ N}$  .

**NB :** Cet effort aurait dû intervenir dans le calcul de goupille de la partie 6.2 mais étant donné que le modèle de calcul est représentatif d'un cas extrêmement défavorable et que cet effort ( qui sera à diviser par deux vu que l'on a deux cames ) est faible comparé a celui de dressage, le fait de l'avoir négligé n'est pas pénalisant ( d'autant plus qu'en ajoutant cet effort presseur à celui de dressage, après calcul, la goupille choisie reste adaptée ).



A l'echelle d'un cylindre, l'effort presseur est divisé par deux ( car il est repartit sur les deux cylindres ). Le poids  $P_{\text{cyl}}$  est lui, réparti sur C et D qui représentent les points de contact des deux bagues en bronze sur le cylindre.

A ce stade nous devons faire une étude statique pour connaître les actions en A et B :

BAME : 5 actions mécaniques extérieures :  $[TA]_A; [TC]_C; [TD]_D; [TE']_{E'}; [TB]_B$

En prévision du théorème des moment en A :

$$\vec{M}_{T_{C,A}} = \vec{AC} \wedge \vec{R}_{T_C} = \begin{bmatrix} 80 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -34,4/2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1376 \end{bmatrix}$$

$$\vec{M}_{T_{D,A}} = \vec{AD} \wedge \vec{R}_{T_D} = \begin{bmatrix} 124 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -17,2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2132,8 \end{bmatrix}$$

$$\vec{M}_{T_{E',A}} = \vec{AE'} \wedge \vec{R}_{T_{E'}} = \begin{bmatrix} L \\ 50 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} -F_{\text{press}}/2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 13687,5 \end{bmatrix}$$

$$\vec{M}_{T_{B,A}} = \vec{AB} \wedge \vec{R}_{T_B} = \begin{bmatrix} 204 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ Y_B \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 204Y_B \end{bmatrix}$$



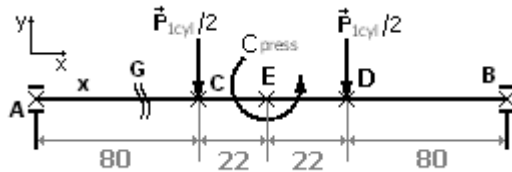


PFS : Grâce au théorème de la résultante et au théorème du moment en A on trouve les deux équations suivantes :  $Y_A + Y_B = 34,2$      $204Y_B = 1376 + 2132,8 - 13687,5$

Ce qui nous donne :  $Y_A = 84N$  ;  $Y_B = -50N$

Le cylindre de guidage est assimilable à une poutre :

### Dans le tronçon AC :



$$\vec{M}_{T_A,G} = \vec{G}A \wedge \vec{R}_{T_A} = \begin{bmatrix} -x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ 84 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -84x \end{bmatrix}$$

On a :  $C_{press} = 547,5 \times 50 / 2 = 13687,5 \text{ Nmm}$

$$[T_{Coh}]_G = -[T_A]_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -84 & 0 \\ 0 & 84x \end{bmatrix}_G$$

Qui nous donnent un effort de :  
 $13687,5 \times 22 = 301 \text{ N}$  en D  
 et  $-301 \text{ N}$  en C.

### Dans le tronçon CD :

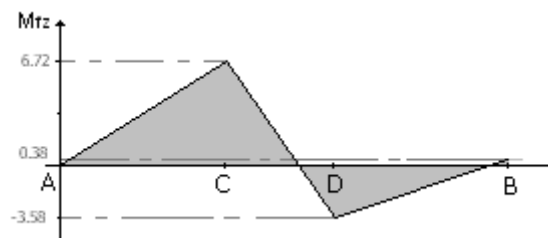
$$\vec{M}_{T_C,G} = \vec{G}C \wedge \vec{R}_{T_C} = \begin{bmatrix} -x + 80 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -17,2 - 301 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 318,2x - 25456 \end{bmatrix}$$

$$[T_{Coh}]_G = -[T_A]_G - [T_C]_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 234,2 & 0 \\ 0 & -234,2x + 25456 \end{bmatrix}_G$$

### Dans le tronçon DB :

$$\vec{M}_{T_D,G} = \vec{G}D \wedge \vec{R}_{T_D} = \begin{bmatrix} -x + 124 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -17,2 + 301 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -283,8x + 35191,2 \end{bmatrix}$$

$$[T_{Coh}]_G = -[T_A]_G - [T_C]_G - [T_D]_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -49,6 & 0 \\ 0 & 49,6x - 9735,2 \end{bmatrix}_G$$



Les 0,38 proviennent des différents arrondis faits au cours de l'étude.

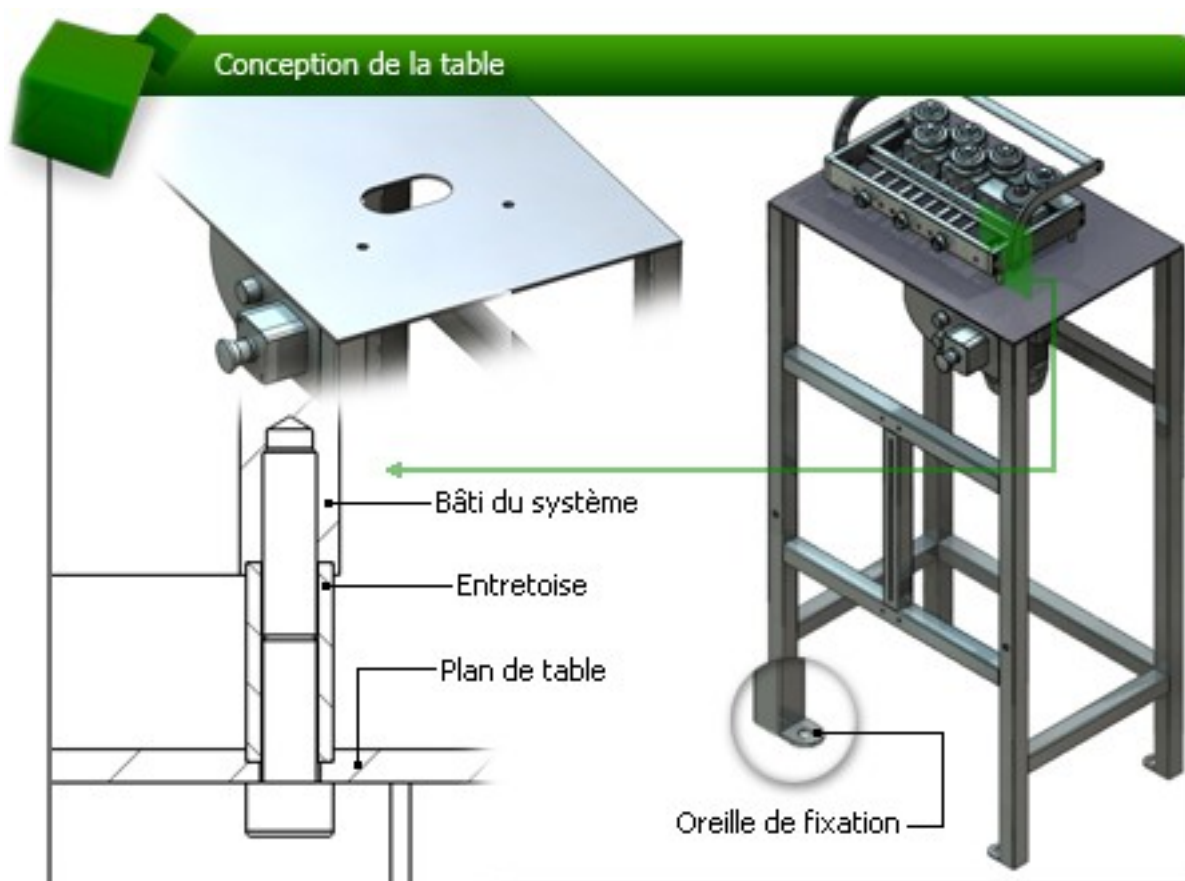
$$\text{On a } R_e > \frac{Mfz_{max}}{I} \cdot \frac{d}{2} = 32 \frac{6720}{\pi 12^3} = 39,6 \text{ MPa}$$

Pour un S355  $R_e = 355 \text{ MPa}$  , le cylindre résistera donc aux contraintes que lui impose le système.



## 8 La table

La conception d'une table a été prévue pour mettre le système à hauteur de manipulation : cette table est composée d'une armature mécanosoudée, d'un tableau de commande et d'un plan de travail en acier au dimensions de la machine.

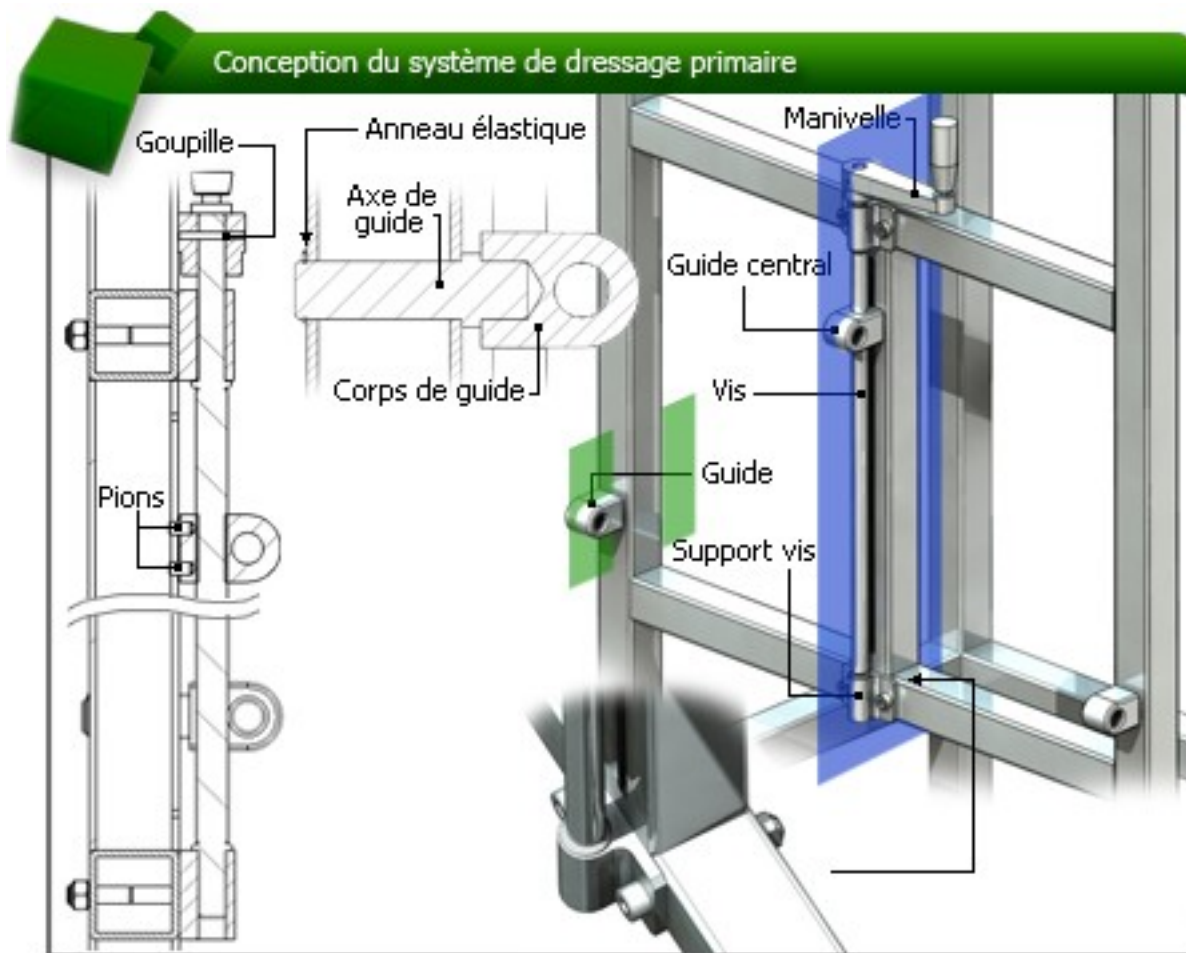


La liaison encastrement du système sur la table est faite grâce à 4 vis CHC et 4 entretoises. Le positionnement des deux éléments entre eux ce fera grâce aux entretoises, eux mêmes positionnées dans deux chambrages présents dans le bâti du système et dans le plan de travail de la table.

Afin de permettre une éventuelle liaison au sol, 4 oreilles de fixation percées sont soudées à l'armature.

## 9 Système primaire de dressage.

Le système de dressage primaire permet de redresser le fil pour que ce dernier puisse être inséré entre les deux rangées de galets du système de dressage. Pour des raisons pratique nous avons choisi de le placer sur la table.



Le système de dressage primaire est composé de trois guides cylindriques pour fils. Les deux guides des extrémités sont en liaison pivot avec le bâti. Le guidage en rotation est assuré par deux contacts cylindriques courts de l'axe de guide sur le profilé carré, les arrêts en translation sont eux, réalisés par un épaulement d'un côté et par un anneau élastique de l'autre.

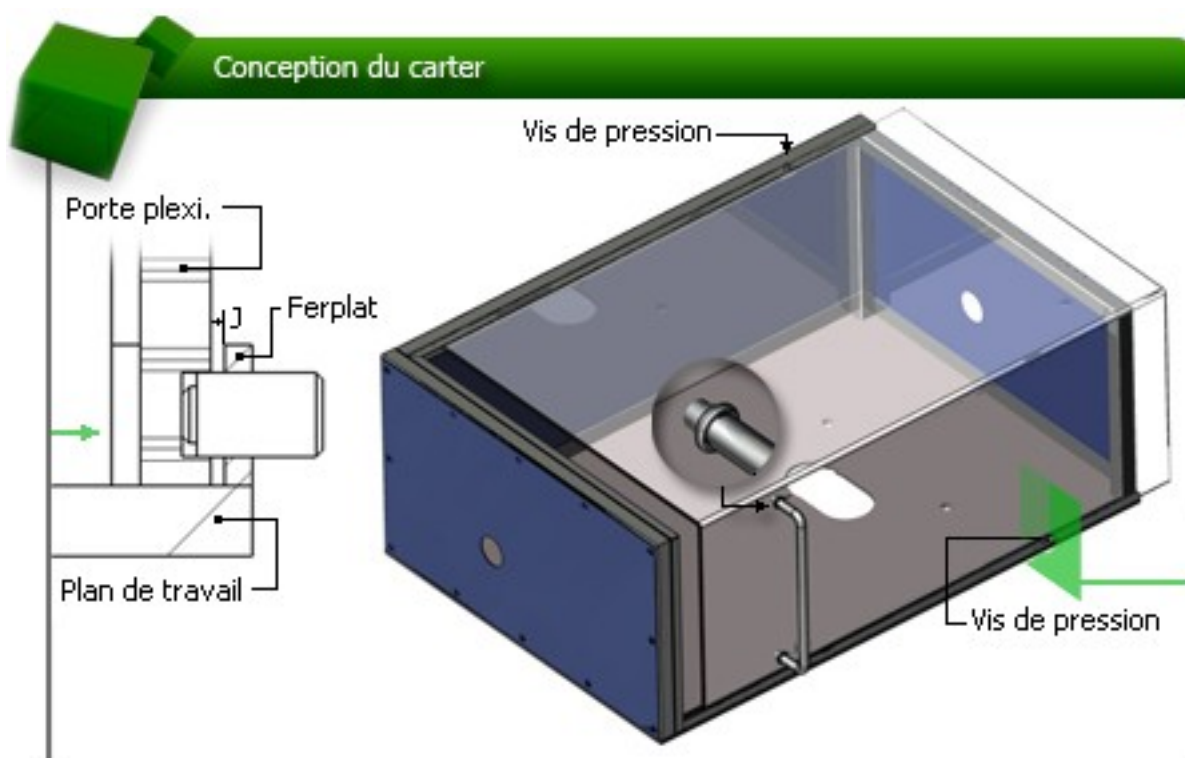
Grâce à un système vis sans fin + un guidage dans une rainure du bâti, le guide central est en liaison glissière avec le bâti. Cette vis est en liaison pivot sur le bâti grâce à deux supports qui sont visés sur l'armature. La translation du guide central est commandée par une manivelle standard encastrée sur la vis grâce à une goupille.

Pour faciliter l'usinage, les guides des extrémités sont réalisés en deux pièces : l'axe de guide obtenu en tournage et le corps de guide obtenu en fraisage. Pour réaliser un encastrement entre ces deux pièces, l'axe devra être monté serré dans le corps.

Pour les mêmes raisons, les pions qui glisseront dans la rainure du bâti et le corps du guide central sont des pièces distinctes. Ici aussi les pions devront être montés serrés dans le corps du guide.

## 10 La cartérisation

Pour des raisons de sécurité il nous était imposé de cartériser notre système. Nous avons choisis de faire un carter sur base d'une armature mecano-soudée fermée par des plaques d'aluminium rivetés. Pour garder une vision du système dans sont fonctionnement et pouvoir intervenir dessus le plus aisément possible, ce carter sera muni d'une grande porte coulissante en plexiglas.



L'armature mecano-soudée est composé de deux types de ferplats et d'un type de profilé carré. A noter que cette armature est directement soudée sur le plan de travail de la table.

Le rail créé par les ferplats sert à guider la porte en plexiglas. Un jeu fonctionnel entre la porte et le rail est prévu pour assurer un bon glissement ( un léger graissage de la porte au niveau du guidage restera tout de même préconisé ). Sur chacun des deux rails de guidage, une vis de pression est présente et permet, en restant dans deux rainures de la porte en plexiglas, d'éviter qu'elle s'échappe.

Pour faciliter son ouverture et sa fermeture, une poigné steandard est prévue sur la porte en plexiglas. Elle y est fixée par deux vis et deux grandes rondelles pour éviter de mater le plexiglas. Ces vis de fixation permettent aussi de réaliser la fin de course de la porte en venant en butée contre l'armature du carter.



## 11

### Le logiciel de réglage

La conception d'un logiciel d'aide au réglage ne rentrait pas dans le cadre de notre BTS CPI mais nous semblait être une partie indispensable de notre projet. En effet, les réglages jouant dans le dixième, notre système aurait été très difficile à régler sans ce logiciel.

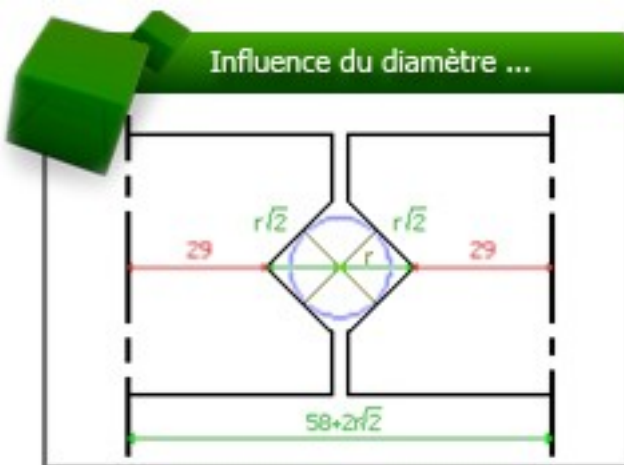
Nous avons choisis de programmer ce logiciel avec visual basic dans l'optique de créer un fichier exécutable afin de ne pas être dépendant d'un quelconque logiciel.

Notre logiciel se base sur le modèle de calcul vu précédemment. Les trois variables seront donc le diamètre du fil, la limite élastique du matériau qui le constitue et son module de Young. Le but du logiciel sera de nous dire, à partir de ces 3 variables, de combien de tours il faudra tourner chacune des vis de réglage.

#### ★ Détermination des formules qui régiront le logiciel.

##### Pour les galets de dressage :

Dans un premier temps, il faut se placer dans les conditions initiales du modèle de calcul ( fil rectiligne ). On va donc chercher à trouver l'écart qu'il faut entre les deux rangées de galets pour que le fil de diamètre d soit parfaitement droit.



Les rainures triangulaire font que le diamètre du fil a une influence sur cet écart. Le schéma ci contre montre que ce premier écart ( entraxe entre les deux galets de rangée opposée ) vaut :

$$e_1 = 58 + d\sqrt{2}$$

Valeur à laquelle il faudra soustraire la flèche idéale de dressage, ce qui nous donne :

$$e_{dress} = 58 + d\sqrt{2} - \frac{R_e \cdot l^2}{6 \cdot Ed}$$

Ceci correspond à l'écart entre les deux rangées de galets nécessaire pour dresser un fil d'un diamètre et d'un matériau donné. Reste

maintenant à reporter cet écart en nombre de tours à faire sur les vis de réglage.

Tout d'abord, il faut reporter cet écart à la « position d'origine » c'est à dire lorsque les galets des modules sont les plus proches possible des galets fixes ( pour cette position les modules sont en contact avec le berceau mobile ). Lorsque le système est dans cette position, l'écart entre les deux rangées de galets est de 50mm, il faudra donc soustraire cette valeur pour trouver la distance nécessaire de déplacement du module depuis la position d'origine. Pour convertir cette distance en nombre de tours à faire sur la vis il suffit de la diviser par le pas. Cela nous donne :

$$Nb_w = (58 + d\sqrt{2} - \frac{R_e \cdot l^2}{6 \cdot Ed}) / p$$





Pour éviter l'enrayement du système et respecter la loi du « cône de dressage », seul le deuxième galet sera réglé de la sorte. Le premier galet devra être réglé de manière à ce qu'il utilise que 75% de la flèche idéale de dressage, ce qui nous donnera un réglage de :

$$Nb_{rr} = 3(8 + d\sqrt{2} - \frac{R_e \cdot l^2}{6 \cdot Ed}) / 4p$$

### Pour le galet moteur :

La démarche pour déterminer la formule de réglage est à peu de chose similaire à celle que l'on vient de voir sauf que la flèche de dressage ne rentre pas en jeu. Il suffit de se placer dans la position où le fil est parfaitement droit ce qui nous donne, rapporté à la « position d'origine » :

$$e_2 = 8 + d\sqrt{2}$$

Pour assurer l'adhérence on soustraira 1mm à cette valeur, cela correspond à l'écrasement de la couche de caoutchouc qui entoure le galet. On divisera ensuite le tout par le pas de la vis ce qui nous donnera le réglage en tour, à faire sur la vis du galet motorisé.

$$Nb_{rr} = \frac{7 + d\sqrt{2}}{p}$$
 Cette valeur est à titre indicative car elle ne se base pas sur l'effort presseur.

L'opérateur aura certainement à expérimenter pour trouver la bonne valeur pour avoir une adhérence parfaite. Toujours est-il que la valeur donnée par le logiciel servira de base à l'expérimentation et degrossira bien le travail.

### Au final le logiciel se présente de la manière suivante :

Dresseuse de fils | Logiciel de réglage | CLAL-MSX

MSX

*Marie Curie*

E. Villain

**Caractéristiques du fil**

Module de Young (mPa)    Diamètre (mm)    Limite élastique (mPa)

R.A.Z    Calculer    Aide    Fermer

**Réglages**

Galet 1 (tours)    Galet 2 (tours)    Galet motorisé (tours)





## CONCLUSION

Ce thème nous a permis à moi et Pierre de voir comment pouvait se dérouler l'invention et la conception d'une machine industrielle depuis son début jusqu'à sa fin, cela nous a permis d'acquérir une certaine autonomie dans les outils mécaniques par le choix de modèles de calculs pour traduire une réalité.

En outre, ce thème nous a permis d'avoir une vision nouvelle, plus concrète sur ce que pouvait être la conception, avec un sentiment de satisfaction face à l'accomplissement d'un projet sur lequel on a travaillé tout une année.

D'un point de vue apprentissage personnel, ce thème m'a permis d'apprendre à programmer un logiciel sous visual basic, il m'a aussi permis de m'améliorer en résistance des matériaux et en étude statique.

Nous tenons à remercier la société CLAL-MSX et en particulier Mr Schneider pour nous avoir permis de travailler sur ce projet.

Nous tenons aussi à remercier toute l'équipe pédagogique pour son soutien, son aide et sa disponibilité tout au long de l'année.

