



## CONCEPTION D'UN DYNAMOMETRE EXTENSOMETRIQUE UNIVERSEL SOUS ENVIRONNEMENT CATIA

M. bourdim\*, A. bourdim\*\*, A. benama \*\*\*, B.bloul\*\*\*

\*Centre universitaire de Reliane, Domaine ST, B.P48000, Bormadia, ALGERIE  
Laboratoire EOLE, Université Abou bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie

\*\*Université Aboubekr Belkaid Tlemcen ; Faculté des Sciences de l'Ingénieur

\*\*\* Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique d'Oran, B.P.1523 Oran El M'Naouer, Oran, ALGERIE

Email : mokhtar\_61@yahoo.fr

### Résumé:

*Cet article concerne l'aspect théorique de la conception sous environnement CATIA, d'un dynamomètre extensométrique universel permettant ainsi de mesurer les composantes de forces de coupe en tournage, fraisage et perçage.*

*Les jauges de contraintes sont positionnées en fonction du champ de déformation donnée par le logiciel CATIA suite aux différentes composantes des efforts de coupe calculées préalablement pour les trois procédés en question.*

**Mots clés:** *dynamomètre universel/ jauges extensométriques/ corps d'épreuve/ composantes de forces/ moments de forces.*

### Abstract:

*This paper concerns the theoretical aspect of the design of a universal extensometric dynamometer with CATIA software, allowing measurement of the components of cutting forces in turning, milling and drilling processes.*

*The strain gauges are positioned according to the field of deformation given by CATIA software formed by the various components of the cutting forces previously calculated for the three cited processes.*

**Keywords:** *universal dynamometer/ extensometric stress gages/ test body/ component of forces/Moments of forces.*

### 1. Introduction

Plusieurs raisons toutes importantes, nous obligent à mesurer et à évaluer les forces de coupe lors d'un processus d'usinage.

L'évaluation des efforts de coupe devient une nécessité accrue et peut être effectuée par plusieurs méthodes.

Parmi les méthodes de mesure directe les plus utilisées dans l'industrie manufacturière est l'utilisation d'un dynamomètre à base de divers techniques (extensométrie,

pneumatique, transducteur capacitif, inductif, etc...)[BOU-06], qui se basent tous sur la mesure de la déflexion suite aux efforts appliqués, la différence majeure dans la conception de ces dynamomètres réside dans le choix de la technique de mesure employée.

Pour notre étude on s'intéresse à la technique des jauges d'extensométrie qui permet la réalisation d'un appareil simple, robuste, précis et moins coûteux, avec un temps de réponse

rapide, de plus la fabrication très simple présentant l'avantage de la souplesse d'adaptation à des utilisations divers.

## 2. Description du dynamomètre

Le dynamomètre en question, a été étudié et conçu suivant les exigences et critères de la dynamométrie à savoir la sensibilité, la précision, la rigidité et la répétabilité.

L'appareil constitué essentiellement en un monobloc (figure 1) formé par un arbre creux d'épaisseur  $e$ , et de deux couronnes distantes d'une longueur  $l$ , l'une permettant la fixation de l'ensemble du système à la table des machines outils, et l'autre comportant deux rainures en té dans une position perpendiculaire servant pour le bridage des pièces dans le cas du fraisage, perçage et pour la fixation du porte outil dans le cas du tournage.

L'utilisation rationnelle de CATIA nous a permis de connaître les différentes déformations du cylindre creux (flexion traction, compression et torsion) ce ci nous a permis un positionnement optimal des jauges de contrainte utilisées.

Après plusieurs essais réalisés avec le logiciel CATIA sur les dimensions du corps d'épreuve en appliquant les charges calculées pour les trois mode d'usinage, on a constaté que les plus grandes déplacements enregistrées au niveau du cylindre creux choisi pour le collage des jauges c'est lorsque l'épaisseur  $e$  de ce cylindre ( $e = 2\text{mm}$ )

et la distance entre les deux couronnes ( $l = 50\text{mm}$ ) voir dessin de définition (figure1).

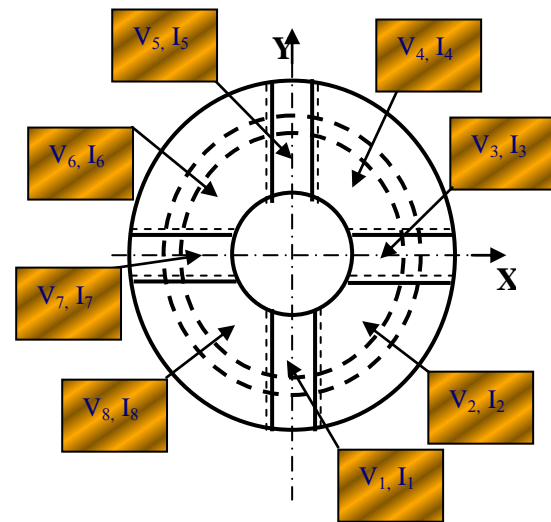


Figure 1 : Disposition des jauges de contraintes sur corps d'épreuve [BOU-07]

## 3. Matériaux pour corps d'épreuve

Le choix de la matière du corps d'épreuve est un facteur extrêmement important qui conditionne sa précision et sa durée de vie. Plusieurs types de matériaux sont utilisés pour la fabrication et la réalisation des corps d'épreuve pour les dynamomètres à jauges d'extensométrie. Pour notre étude on a choisi le matériau suivant, 45 Si Cr Mo 6 (Aciers à ressorts au silicium, chrome et molybdène), permettant la réalisation d'un corps d'épreuve possédant une limite élastique égale à  $1,45 \cdot 10^9 \text{ (N.m}^{-2}\text{)}$  [ASH-99], évitant tout risque de déformation plastique lors de l'application des efforts de coupe.

## 4. Analyse de la structure choisie

L'analyse et les essais réalisés sur la structure par le logiciel CATIA; en appliquant les efforts de coupe pour les trois modes d'usinage (tournage, fraisage et perçage) déterminés précédemment ont montrés que la contrainte maximale ( tableau 1), reste toujours inférieure par rapport à la limite élastique du matériau choisi pour la réalisation du corps d'épreuve, elle agit sur le cylindre creux qui par l'application de cette contrainte subit des déplacements importantes ce qui explique le choix de ce cylindre creux pour le collages des jauges des contraintes

opérations	Tournage	Fraisage	Perçage
Ebauche	5,91.10 <sup>5</sup> N.m <sup>-2</sup>	1,45.10 <sup>7</sup> N.m <sup>-2</sup>	4,35.10 <sup>6</sup> N.m <sup>-2</sup>
Finition	5,9.10 <sup>3</sup> N.m <sup>-2</sup>	1,15.10 <sup>6</sup> N.m <sup>-2</sup>	3,92.10 <sup>4</sup> N.m <sup>-2</sup>

Tableau 1 : Contraintes calculées par CATIA pour les trois modes d'usinages [BOU-07]

**5. Disposition et câblage des jauges de contraintes :**

Huit (8) jauges V, seront collées dans une position verticale sur la surface périphérique de l'arbre creux, et huit (8) autres jauges I, dans une position inclinée d'un angle de 45° par rapport aux génératrices de l'arbre en question, et ayant la même orientation (figure1). Le dynamomètre sera sollicité dans le cas échéant, par trois forces

perpendiculaires entre elles, suivant les axes xx', yy'et zz' et par trois moments par rapport à ces mêmes axes.

**5.1. Mesure de la force Fx :**

Les jauges I<sub>1</sub> et I<sub>5</sub> sont sollicitées par cisaillement, en analysant la distribution des contraintes, la jauge I<sub>1</sub> est soumise à une traction, d'où une augmentation de la résistance R I<sub>1</sub> et la jauge I<sub>5</sub> à une compression, donc une diminution de la résistance R I<sub>5</sub>, la connection des jauges I<sub>1</sub> et I<sub>5</sub>, se fait comme suit (figure2).

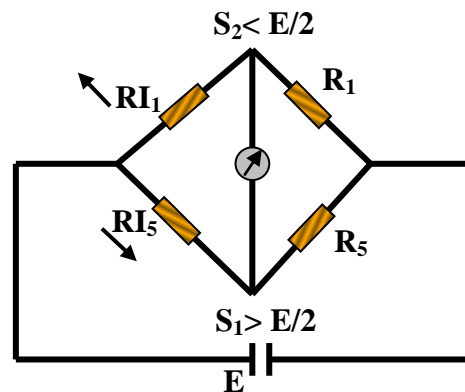


Figure 2 : Câblage des jauges pour la mesure de Fx

La résistance R I<sub>1</sub>, augmente de valeur, alors le voltage qui apparaît à S<sub>2</sub> est inférieur à E/2, par contre la résistance R I<sub>5</sub>, diminue de valeur, alors le voltage qui apparaît à S<sub>1</sub> est supérieur à E/2.

**5. 2. Mesure de la force Fy :**

Les jauges I<sub>3</sub>et I<sub>7</sub> sont sollicitées par un cisaillement, et l'analyse des contraintes démontre bien que la jauge

$I_7$  est soumise à une traction ce qui provoque une augmentation de la résistance  $R I_7$ , par contre la jauge  $I_3$  est soumise à une compression cela veut dire qu'il y'a diminution de la résistance  $R I_3$ , la connection des jauges se fera de la manière suivante (figure 3).

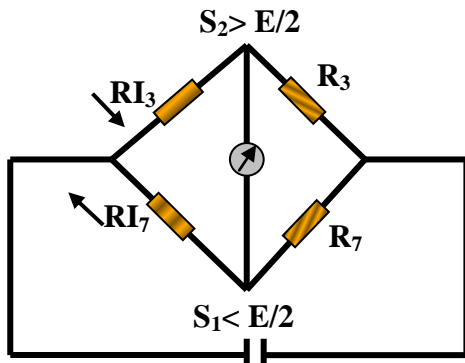


Figure 3 : Câblage des jauges pour la mesure de  $F_y$

**5. 3. Mesure de la force Fz :**

En appliquant une force axiale  $F_z$ , les jauges  $V_2, V_4, V_6$  et  $V_8$  seront sollicitées à une compression, et afin d'avoir une variation du voltage à  $S_1$  et  $S_2$ , la connection des jauges doit être comme suit (figure 4)

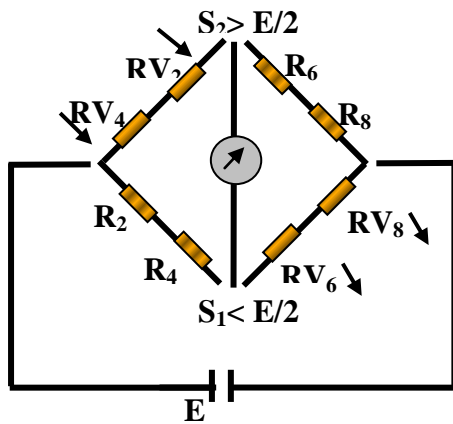


Figure 4 : Câblage des jauges pour la mesure de  $F_z$

On vérifions les interactions des autres forces, en appliquant la force  $F_x$ , les

jauges  $V_2$  et  $V_4$  subissent une traction par contre les jauges  $V_6$  et  $V_8$  seront comprimées, alors le voltage au niveau de  $S_2$  est supérieur à  $E / 2$  ce qui donne une augmentation des résistances  $RV_2$  et  $RV_4$ , tandis qu'à  $S_1$  le voltage est inférieur à  $E / 2$  ce qui provoque une diminution des résistances  $RV_6$  et  $RV_8$ .

Donc le pont est équilibré, l'interaction est assurée.

Si on applique la force  $F_y$ , on constate que les jauges  $V_2$  et  $V_8$  seront comprimées par contre les jauges  $V_4$  et  $V_6$  seront tendues, il y'a compensation dans chaque bras du pont, d'où l'équilibrage du pont, donc l'interaction est assurée.

L'interaction pour l'application des moments  $M_{xx}$  et  $M_{yy}$ , est similaire à celle de  $F_y$  et  $F_x$  respectivement.

Sous l'application de  $M_{zz}$ , les jauges  $V_2, V_4, V_6$  et  $V_8$  subissent la même déformation, le pont est équilibré donc l'interaction est assurée.

**5. 4. Mesure du moment Mxx :**

Les jauges  $V_1$  et  $V_5$  servent à la mesure du moment de couple  $M_{xx}$ , la jauge  $V_1$  est sollicitée par une compression, et la jauge  $V_5$  à une traction.

La connection des jauges est réalisée de la manière suivante (figure 5).

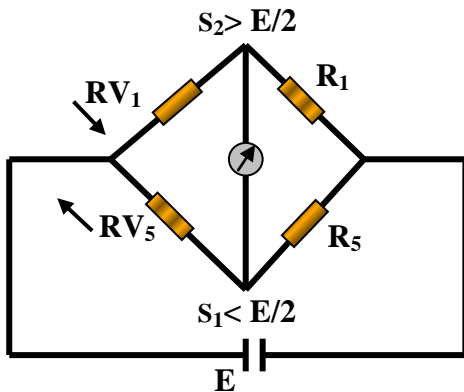


Figure 5 : Câblage des jauges pour la mesure de  $M_{xx}$

**5. 5. Mesure du moment  $M_{yy}$  :**

De même que précédemment, on utilise deux jauges  $V_3$  et  $V_7$  pour la mesure du moment de couple  $M_{yy}$  et on voit que la jauge  $V_3$  est soumise à une traction, par contre la jauge  $V_7$  est soumise à une compression, alors la connection des jauges va se faire comme suit (figure 6).

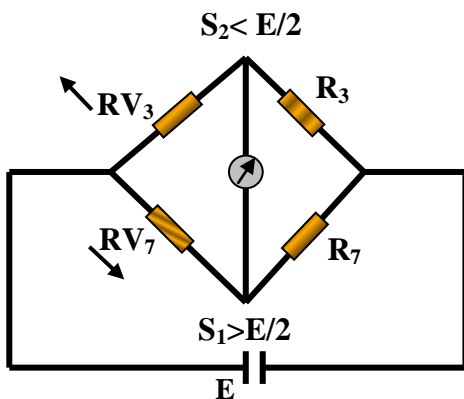


Figure 6 : Câblage des jauges pour la mesure de  $M_{yy}$

**5. 6. Mesure du moment  $M_{zz}$  :**

En appliquant un moment de couple  $M_{zz}$ , les jauges  $I_2, I_4, I_6$  et  $I_8$  subissent tous une traction.

La connection des jauges est assurée par le montage suivant (figure 7)

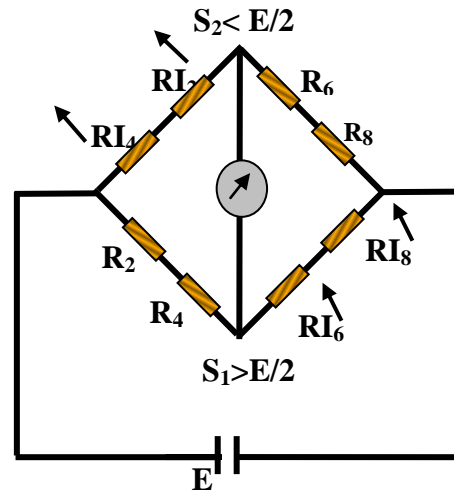


Figure 7 : Câblage des jauges pour la mesure de  $M_{zz}$

**6. Conclusion**

Afin de pouvoir dimensionner le corps d'épreuve d'une manière très rapide et avec une grande précision sans faire appel au calcul de résistance des matériaux qui nécessite beaucoup plus de temps, nous nous sommes fait aider par le logiciel de la CFAO « CATIA » ; qui nous a permis de déterminer les champs de contrainte et par la suite le choix du cylindre creux pour l'implantation des jauges de contrainte, du fait que la contrainte maximale lors des différentes opérations d'usinage (tournage, fraisage et perçage) qui reste nettement inférieure par rapport à la limite élastique du matériau choisi pour cette conception, a été localisée au niveau de ce même cylindre.

Le corps d'épreuve en lui appliquant les efforts de coupe pour les trois modes d'usinage (tournage, fraisage et perçage) se déforme sans atteindre la

zone plastique il convient donc parfaitement, en forme et en dimensions pour la réalisation de notre dynamomètre servant pour la mesure des efforts de coupe  $F_c$  en tournage, fraisage et perçage, de plus les résultats obtenus à l'aide de CATIA explique bien le choix du collage et le positionnement des jauges de contraintes sur le cylindre creux, on obtient ainsi un dynamomètre universel, remplaçant tous les autres dynamomètres existants, ce qui va sans doute être très utile et économique pour nos laboratoires de contrôle ainsi que pour les ateliers de petite taille.

## 7. REFERENCES

### BIBLIOGRAPHIQUES.

**[ASH-99] Ash G et Al** -*Les capteurs en instrumentation industrielle*- Ed.Dunod Paris 1999.

**[BHA-71] Bhattacharyya A** - *Modification of drill point for reducing thrust*- Trans of Asme, pp10-73, November1971.

**[BOU-05] Bourdim A** - *Technique de mesure -Cours de magister*, ENSET Oran 2006.

**[BOU-84] Bourdim A**- *Contribution à l'étude des efforts de coupe en perçage*- Mémoire de magister, USTO Oran, Mai1984.

**[BOU-07] Bourdim M**- *Etude et conception d'un dynamomètre extensométriques universel*- Mémoire de magister, ENSET Oran, Avril 2007.

**[FER-77] Ferretti M**- *Mesures et contrôles industrielles*- Ed.Entreprise moderne Paris 1977.