

SUR LES DEFORMATIONS ELASTIQUES DE QUELQUE CONSTRUCTIONS DES OUTILS DE TOURNAGE PAR LA METHODE D'ELEMENT FINI

Ioan POPESCU¹, Ioana Mădălina MIRSANU²

În lucrare se prezintă un studiu, cu ajutorul metodei elementului finit, asupra deformațiilor elastice statice ale unor noi construcții de cuțite pentru strunjire, în raport cu construcțiile clasice cunoscute. Noile construcții de cuțite – cuțitele interschimbabile pentru strunjire și dispozitivele de prindere aferente sunt obiectul unui brevet de invenție, preiat în anul 1995 cu medalia de aur la Salonul Internațional al Invențiilor de la Geneva.

This paper presents a study, concerning the Finite Element Method, over the static elastic strains of new turning tools constructive solutions relating with standing classical turning tools. The new tool constructive solutions – the flexible turning tools and fitting holders represent the object to a patent, which it was awarded with the golden medal in 1995 at the International Saloon of Inventions in Geneva.

On présente dans ce travail un étude, à l'aide de la méthode d'élément fini, sur les déformations élastiques statiques des nouveau constructions des outils de tournage, par rapport aux constructions classiques connues. Les nouveau constructions des outils de tournage – les outils de tournage interchangeables ainsi que les dispositifs de serrage afférents représentent l'objet d'un brevet d'invention, décerné avec un prix dans l'année 1995 avec la médaille d'or au Salon International des Inventions à Genève.

Mots clé: déformations élastiques, rigidité, outils interchangeables de tournage, dispositifs de serrage des outils, brevet d'invention

1. Modèles expérimentaux pour la recherche

La recherche par la méthode d'élément fini tache de distinguer le comportement en ce qui concerne les déformations élastiques statiques pour les constructions classiques d'outil de tournage extérieur ainsi que pour des outils interchangeables de tournage extérieur, par divers modes de serrage.

¹ Professeur, Département de Technologie de Constructions des Machines, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie

² Doctorant, Département de Technologie de Constructions des Machines, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie, email : madalina_mirsanu@yahoo.com

Les modèles expérimentaux sont les outils de tournage ainsi que les dispositifs de serrage pour ceux-ci, utilisés sur des tours universels SN 400x 1500 [mm].

Ces modèles expérimentaux sont présentés synthétiquement dans la fig. 1, qui présente:

- l'outil classique de tournage extérieur (C.C.);
- l'outil interchangeable pour tournage extérieur (C.I.);
- le dispositif classique pour serrage des outils (D.C.);
- le dispositif interchangeable pour serrage des outils classiques (D.I.) et le dispositif de base différent (D.B.);
- le dispositif spécial pour serrage des outils interchangeables pour tournage (D.S.) [1], [2], [3].

Les outils de tournage et les dispositifs de serrage sont exécutés en OLC 45 – alliage acier à carbone de qualité.

Les constructions des outils de tournage et les dispositifs de serrage dans fig. 1 sont représentatives pour les étapes d'évolution correspondantes: jusqu'au 1950 (outils et dispositif classique); 1950 – 1980 (dispositifs modulaires); après 1980 (outils modulaires dans des systèmes flexibles des outils) [3].

Les cas de la recherche présente sont mentionnés synthétiquement dans la figure de la table 1 et concernent:

- I. outil classique de tournage attaché dans un dispositif classique CC – DC;
- II. outil classique de tournage attaché dans un dispositif interchangeable CC – DI – DB et
- III. outil interchangeable de tournage attaché dans un dispositif spécial CI – DS.

2. Méthodologie de la recherche

La recherche théorique des déformations élastiques statiques des constructions des outils de tournage par rapport aux dispositifs de serrage de ceux-ci a les objectives suivantes:

- détermination des déformations élastiques statiques des outils classiques pour tournage serrage dans un dispositif classique ou des dispositifs interchangeables de serrage;
- détermination des déformations élastiques statiques des outils interchangeables (du système flexible des outils) attachés en dispositifs spéciaux de serrage;
- comparaison des déformations élastiques statiques des outils interchangeables par rapport aux déformations élastiques statiques des outils classiques;
- détermination des solutions optimales des outils en ce qui concerne les déformations élastiques statiques obtenues.

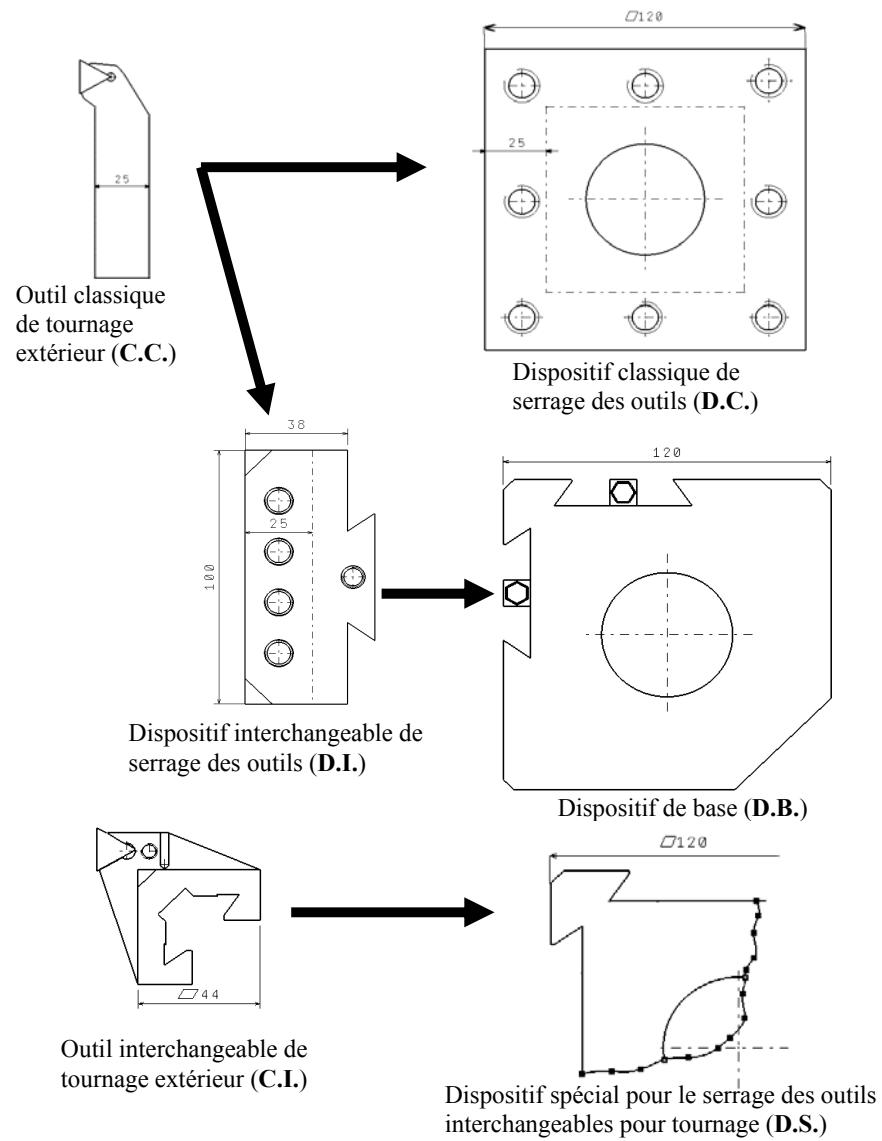


Fig. 1. Modèles expérimentaux

Table 1

Cas d'étude

No. du cas	La structure des modèles expérimentaux (les ensembles des outils – dispositif de serrage pour l'outil)
I	CC – DC
II	CC – DI – DB
III	CI – DS

Méthodologie théorique de la recherche des déformations élastiques statiques [5], [6], [7], [8], [9] représente:

- 1) Chargement du couple expérimental d'outil – dispositif de serrage d'outil avec une force spatiale avec deux composantes F_{xy} (cas recommandé par STAS 6869-87) [4] (fig. 2).
- 2) Détermination des déformations élastiques du centre d'outil Δ_x , par rapport avec le dispositif de serrage d'outil, sur la direction x.
- 3) Levage des diagrammes de rigidité ($\Delta_x - F_{xy}$).

La construction des diagrammes de rigidité a été faite dans les coordonnées des déformations élastiques sur la direction x – force de coupe ($\Delta_x - F_{xy}$).

Les forces de serrage des outils ont été déterminées sur la base des calculs correspondants.

La recherche des déformations élastiques a été développé à l'aide du programme CATIA P3 V5R8, dans les conditions de sollicitation statique.

Les outils et les dispositifs de serrage ont été faits dans l'application Part Design, et leur assemblage a été réalisé dans l'application Assembly Design du programme CATIA P3 V5R8.

Le positionnement des composantes de l'assemblage a été accouplé à l'aide des contraintes d'assemblage. Ces contraintes sont de type contact et coïncidence.

La recherche des déformations élastiques a été faite dans l'application Generative Structural Analysis.

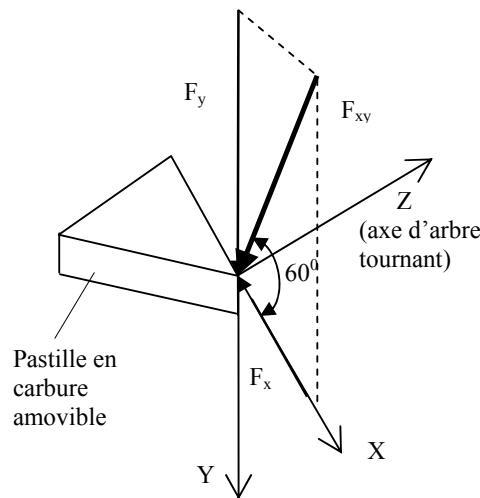


Fig. 2. Schéma de chargement

3 Résultats de la recherche des déformations élastiques par la méthode d'élément fini

3.1 Recherche des déformations élastiques des outils classiques de tournage pour serrage attachés dans un dispositif classique (CC - DC)

En ce qui concerne la recherche des déformations élastiques statiques des outils de tournage extérieur attaché dans un dispositif classique [7] en fig. 3 on présente:

- a) Le modèle de serrage pour des outils de tournage dans un dispositif classique, avec les principales dimensions caractéristiques ($B = 25$ mm; $H = 25$ mm; $L = 100$ mm – pour outil et $\square 120 \times 90$ mm – pour dispositif);
- b) Le champ des déformations élastiques pour le chargement et les valeurs des déformations obtenues par la Méthode d'élément fini (M.E.F.);
- c) Le diagramme de rigidité afférente à la recherche des déformations élastiques statiques ($\Delta_x - F_{xy}$).

Pour le chargement des forces de coupe avec deux forces composantes F_x , F_y , les résultats théoriques obtenus par MEF sont présentés dans la table 2.

Table 2

Déformations élastiques au centre d'outil, Δ_x , pour cas I

F_{xy} [N]	F_x [N]	F_y [N]	Δ_x [mm]
0	0	0	0
500	250	432	0,00235
1000	501	865	0,00473
1500	752	1297	0,00711
2000	1003	1730	0,00949
2500	1254	2162	0,01190
3000	1505	2595	0,01420
3500	1756	3027	0,01660
4000	2006	3460	0,01900
4500	2257	3892	0,02140
5000	2508	4325	0,02370
5600	2800	4820	0,02660

3.2 La recherche des déformations élastiques des outils classiques de tournage attachés dans un dispositif interchangeable de serrage (CC - DI)

Pour la recherche des déformations élastiques statiques des outils de tournage extérieur attachés dans un dispositif interchangeable [7] en fig. 4 on présente:

- a) Le modèle de serrage pour des outils de tournage dans un dispositif interchangeable, avec les principales dimensions caractéristiques ($B = 25$ mm; $H = 25$ mm; $L = 100$ mm – pour outil; $B = 38$ mm; $H = 68$ mm; $L = 100$ mm pour le dispositif interchangeable et 120×90 mm – pour le dispositif de base);
- b) Le champ des déformations élastiques pour le chargement et les valeurs des déformations obtenues par la Méthode d'élément fini (M.E.F.);
- c) Le diagramme de rigidité afférente à la recherche des déformations élastiques statiques ($\Delta_x - F_{xy}$).

Pour le chargement des forces de coupe avec deux force composantes F_x , F_y , les résultats théoriques obtenus par M.E.F. sont présentés dans la table 3.

Table 3

Déformations élastiques au centre d'outil Δ_x , pour cas II

F_{xy} [N]	F_x [N]	F_y [N]	Δ_x [mm]
0	0	0	0
500	250	432	0,00332
1000	501	865	0,00667
1500	752	1297	0,01029
2000	1003	1730	0,01390
2500	1254	2162	0,01745
3000	1505	2595	0,02100
3500	1756	3027	0,02460
4000	2006	3460	0,02810
4500	2257	3892	0,03170
5000	2508	4325	0,03520
5600	2800	4820	0,03940

3.3 La recherche des déformations élastiques des outils interchangeables de tournage pour serrage attachés dans un dispositif spécial de base (CI - DS)

En ce qui concerne la recherche des déformations élastiques statiques des outils interchangeables de tournage extérieur attachés dans un dispositif spécial en fig. 5 on présente:

- a) Le modèle de serrage pour des outils de tournage dans un dispositif interchangeable, avec les principales dimensions caractéristiques (44×48 mm – pour outil et 120×90 mm – pour dispositif de base);
- b) Le champ des déformations élastiques pour le chargement et les valeurs des déformations obtenues par la Méthode d'élément fini (M.E.F.);
- c) Le diagramme de rigidité afférente à la recherche des déformations élastiques statiques ($\Delta_x - F_{xy}$).

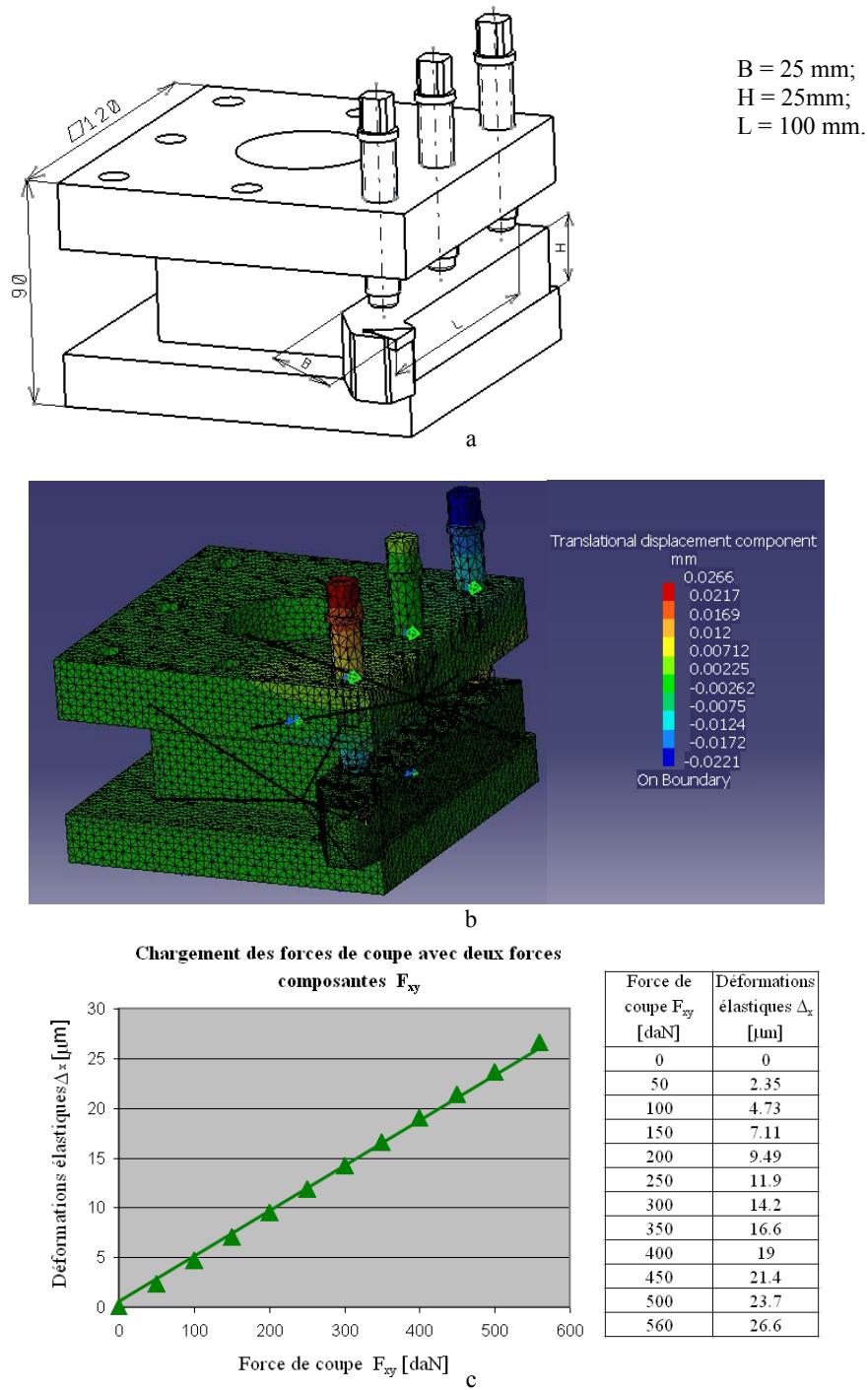


Fig. 3. Donnée en ce qui concerne le premier cas d'étude

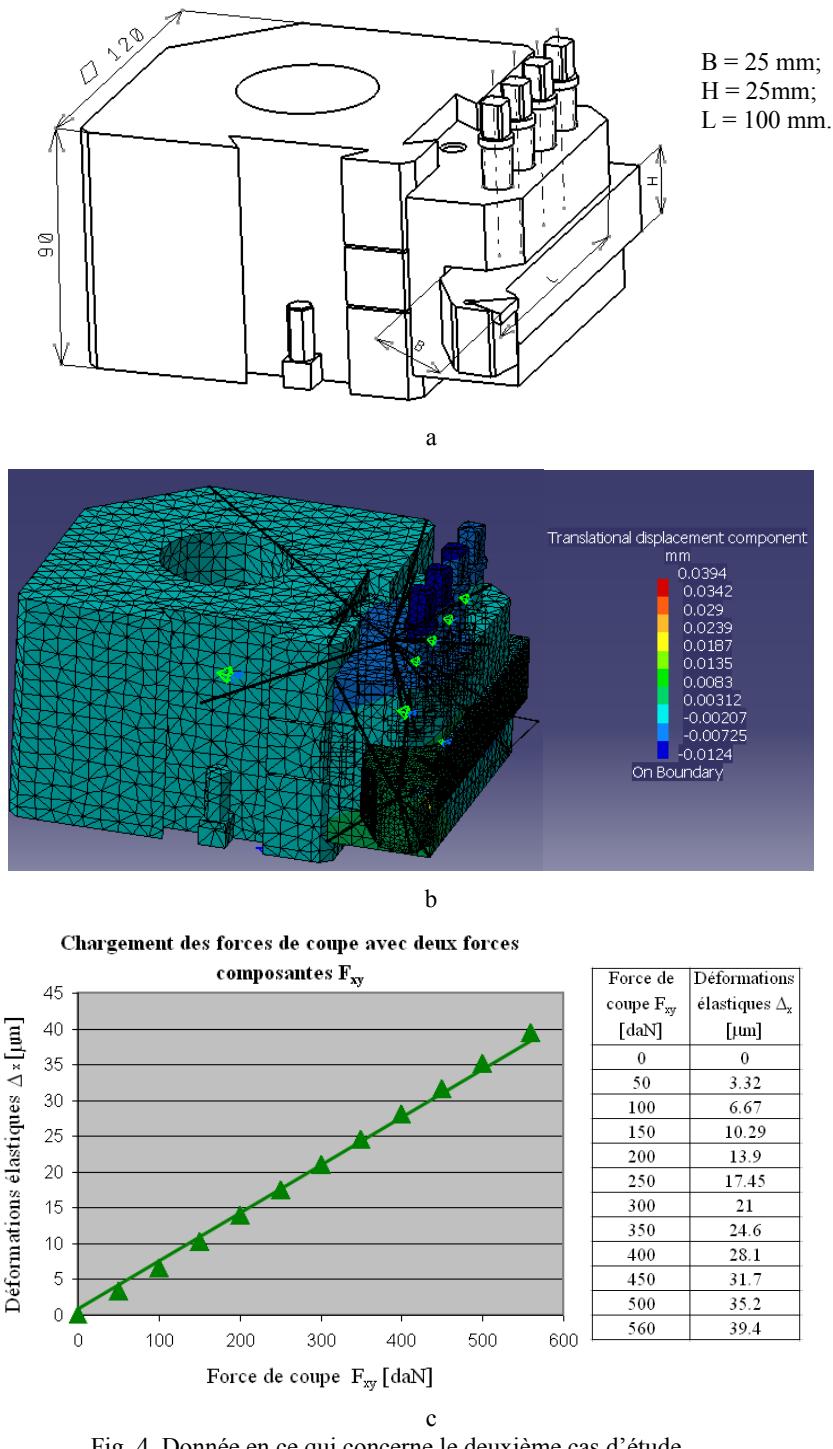
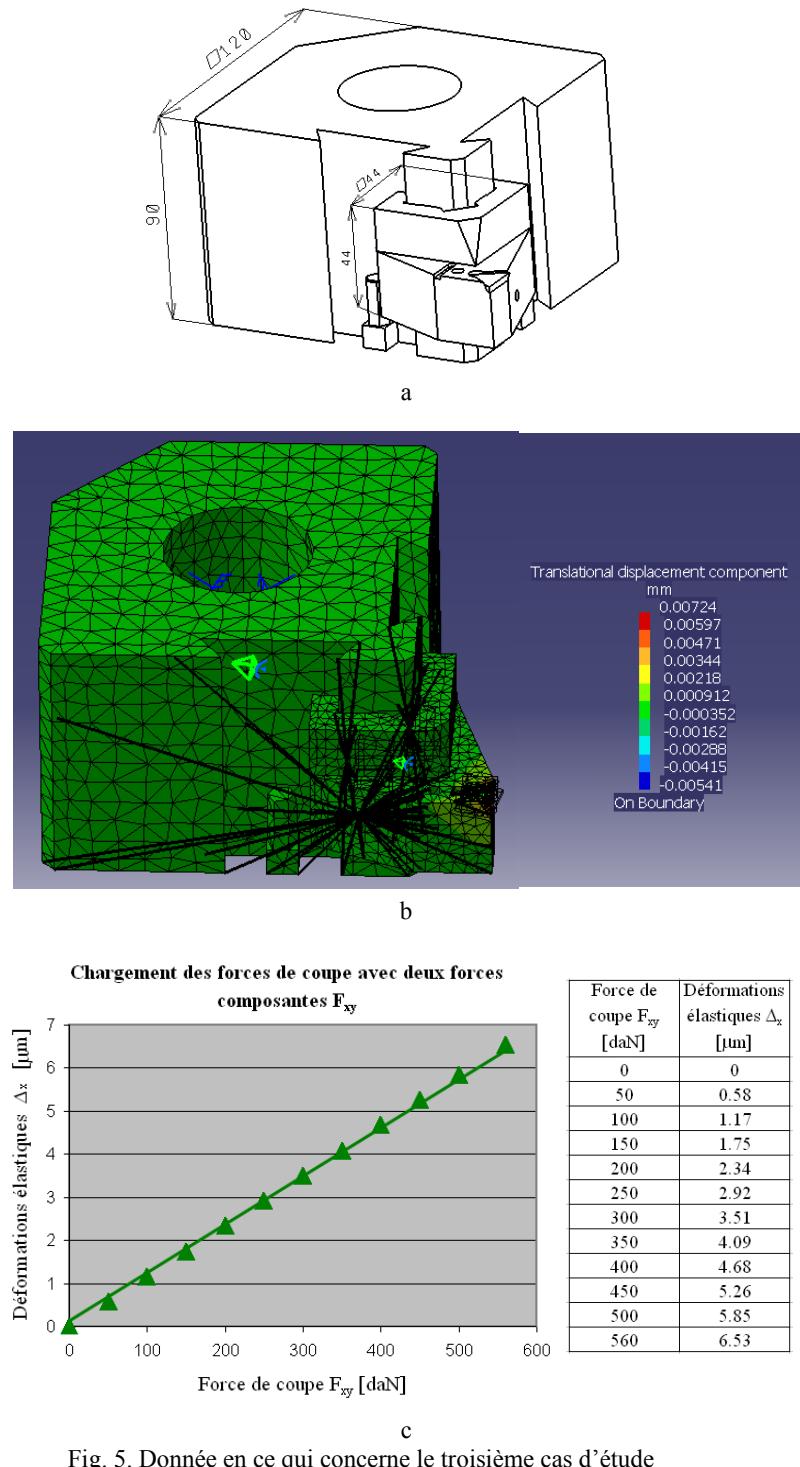


Fig. 4. Donnée en ce qui concerne le deuxième cas d'étude



Pour le chargement des forces de coupe avec deux forces composantes radiale et tangentielle F_x , F_y , les résultats théoriques obtenus par MEF sont présentés dans la table 4.

Table 4

Déformations élastiques au centre d'outil, Δ_x , pour cas III

F_{xy} [N]	F_x [N]	F_y [N]	Δ_x [mm]
0	0	0	0
500	250	432	0,00058
1000	501	865	0,00117
1500	752	1297	0,00175
2000	1003	1730	0,00234
2500	1254	2162	0,00292
3000	1505	2595	0,00351
3500	1756	3027	0,00409
4000	2006	3460	0,00468
4500	2257	3892	0,00526
5000	2508	4325	0,00585
5600	2800	4820	0,00653

Il y a des situations où la déformation maximum n'est pas présente au centre d'outil.

La figure no. 6 présente l'outil interchangeable pour tournage (extrait de la fig. 5 b) avec le champ des déformations élastiques afférentes pour le chargement avec la force maximum $F_{xy} = 560$ [daN].

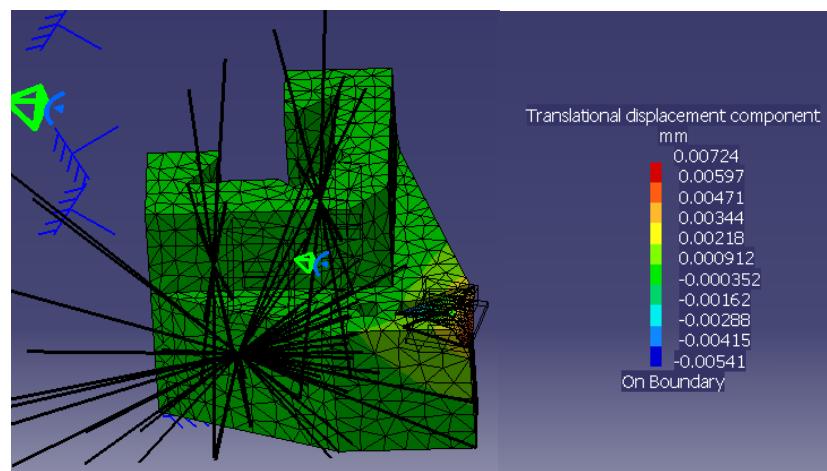


Fig. 6. Le champ des déformations élastiques statiques afférentes à l'outil interchangeable pour tournage extérieur

4. Interprétation des résultats

En base des résultats des fig. 3, 4, 5 on présente synthétiquement en fig. 7, pour les trois cas de la recherche – I CC-DC, II CC-DI, III CI-DS, les valeurs maximum des déformations élastiques au centre d'outil Δ_x [μm] pour le chargement avec $F_{xy} = 5600$ [N].

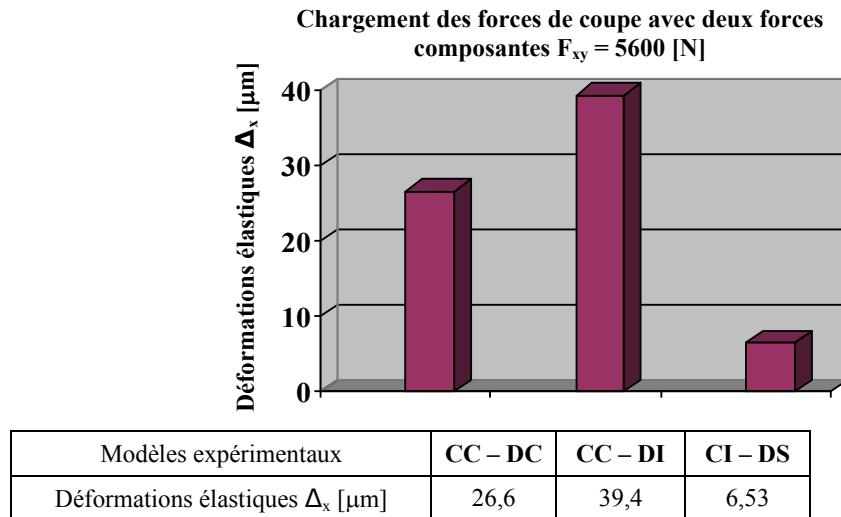


Fig. 7. Les valeurs maximum des déformations élastiques statiques au centre d'outil

Les valeurs des déformations élastiques: 26,6; 39,4; 6,53 [μm] permettent la caractérisation du chaque solution et comparative en ce qui concerne le tenue en service. *Le paramètre équivalent pour la déformation élastique est la rigidité de serrage d'outil de tournage, que peut être calculée par la relation [10], [11]:*

$$R_x = \frac{F_{xy}}{\Delta_x} \left[\frac{\text{daN}}{\text{mm}} \right], \quad (1)$$

où:

R_x est la rigidité de serrage pour l'outil sur la direction ox;

F_{xy} – la valeur maximum de la force appliquée

Δ_x – valeur maximum de la déformation élastique sur la direction ox.

Pour les cas tenu en observation, les valeurs de la rigidité pour serrage d'outil de tournage sont:

$$\begin{aligned}
 R_{x_I} &= \frac{560}{0.0266} = 21.052 \left[\frac{daN}{mm} \right]; \\
 R_{x_{II}} &= \frac{560}{0.0394} = 14.213 \left[\frac{daN}{mm} \right]; \\
 R_{x_{III}} &= \frac{560}{0.00653} = 85.758 \left[\frac{daN}{mm} \right].
 \end{aligned} \tag{2}$$

L'analyse comparative des valeurs des déformations élastiques ou des rigidités permet les observations :

- les outils interchangeable de tournage assurent une rigidité de 4,07 plus grand par rapport avec les outils classiques attachés dans des dispositifs classiques et de 6,03 plus grand par rapport aux outils classiques attachés dans des dispositifs interchangeable;
- l'utilisation des dispositifs interchangeables pour attacher les outils a comme conséquence la réduction de la rigidité de serrage avec 33%, en comparaison avec la solution classique.

5. Conclusions

Par la recherche présentée par cette documentation, on constate le comportement supérieur du point de vue de la rigidité pour les nouvelles solutions constructives patentées des outils interchangeables de tournage et des dispositifs afférentes de serrage.

La rigidité spécifique pour les outils interchangeable de tournage est d'environ 4 ou 6 fois plus grand que la rigidité des outils classiques attachés dans un dispositif classique, respectivement interchangeable.

Cette performance (caractéristique) a comme conséquences pour l'exploitation de tour universel:

- intensification des régimes de coupe et l'augmentation de la production du traitement;
- augmentation de la qualité des surfaces traitées par tournage.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] *I. Popescu, V., Tache, Port – couteau. Brevet d'invention no. 103287/1984, O.S.I.M. Médaille d'or au Salon International des Inventions, Genève, 1995 (en roumain)*
- [2] *I. Popescu, Contributions sur l'étude théorétique et expérimental d'orientation et serrage d'outils de coupe sur machines-outils. Thèse de doctorat. Institut Politehnic de Bucarest, 1977 (en roumain)*

- [3] *I. Popescu, C. Minciù et le collectif*. Outils de coupe. Dispositifs pour serrage l'outils. Dispositifs pour serrage les semi produits. Moyens de mesure / Monographie, Vol. 1, 2. Bucarest, Maison Printech, 2007 (en roumain)
- [4] *** S.T.A.S. 6869-87 Tournes avant et tournes normal. Prescription de rigidité
- [5] *** CATIA- Guide de L'utilisateur Ver. 5 (en anglais)
- [6] *M., Blumenfeld*, Introduction dans la méthode d'élément fini. Bucarest, Maison Techniques, 1995 (en roumain)
- [7] *I. Popescu*, Etude de la précision de serrage et des déformations élastique de certains couteaux pour le tournage, spécifique aux systèmes flexibles d'outils, Sci. Bull. Series D, Vol. 70, No. 2, 2008
- [8] *C. Pupăză*, Etude de l'influence des déformations élastiques des éléments antivibratoires machines-outils sur la précision de traitement, Thèse de doctorat, Université Politehnica de Bucarest, 1996 (en roumain)
- [9] *S., Tonoiu*, Contributions sur l'étude de la rigidité des systèmes technologiques de traitement, Thèse de doctorat, Université Politehnica de Bucarest, 1998 (en roumain)
- [10] *I., Popescu et des autres*, Bases de la technologie mécanique, Vol. 1, 2. Université Politehnica de Bucarest, 1996 (en roumain)
- [11] *I. Popescu, A. Vlase et le collectif*, La technologie de la fabrication des produits mécaniques, Bucarest, Maison Matrix Rom, 2004, 2005 (en roumain)
- [12] *I. Popescu*, System flexible d'outils et dispositifs pour tournes.Milano, Maccine No. 5, 1991 (en italien)