

LE COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES PORTE-OUTILS EN TOURNAGE

Ioan POPESCU¹, Claudiu BISU², Sergiu TONOIU³, Miron ZAPCIU⁴

Lucrarea prezintă pe baza unui studiu experimental influența utilizării dispozitivelor interschimbabile de prindere a cuțitelor asupra comportării dinamice la prelucrări prin strunjire în raport cu soluția clasică de prindere a cuțitelor. Soluția constructivă de dispozitiv interschimbabil și dispozitivul de bază aferent reprezintă obiectul unui brevet de invenție premiat cu o medalie de aur la Salonul Internațional al Invențiilor de la Geneva, ediția din anul 1995.

This paper presents on experimental study the influence of devices using the flexible turning tool on the dynamic behaviour of cutting process in relation to classical solution of tool holder. Constructive solution for flexible tool device and the basic device is covered for a patent awarded a gold medal at the International Exhibition of Inventions in Geneva, 1995 edition.

Cet article présente par une étude expérimentale l'influence de l'utilisation des dispositifs interchangeables de serrage des outils de coupe en tournage sur le comportement dynamique en coupe par rapport à la solution classique de position et serrage des outils. La solution constructive de dispositif interchangeables et le dispositif de base représente le objectif d'un brevet décerné avec la médaille d'or au Salon International des Inventions de Genève, édition 1995.

Mots clé: déformation élastique, accélérations, amplitude des vibrations, dispositif interchangeable, tournage.

1. Introduction

La mise en forme par enlèvement de matière est l'un des procédés d'élaboration de pièces mécaniques. Un outil de coupe enlève de la matière à une pièce pour générer une nouvelle surface. La coupe est influencée principalement par les propriétés du matériau à usiner, la géométrie de l'outil, les conditions de

¹ Professeur, Département de Technologies des Constructions des Machines, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie, e-mail: gabi44@cliknet.ro.

² Chef travaux, Département Machines et Systèmes des Production, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie, e-mail: cfbisu@gmail.com.

³ Maître des Conférences, Département de Technologies des Constructions des Machines, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie, e-mail: gabi44@cliknet.ro

⁴ Professeur, Département Machines et Systèmes des Production, Université POLITEHNICA de Bucarest, Roumanie, e-mail :zapcium@yahoo.com.

coupe, les conditions des paramètres dynamiques (raideur, amortissement) du système usinant [1]. Il existe une très grande variété des outils de coupe: différents type de géométries, de matériaux et de revêtements. Un outil de coupe de tournage peut être caractérisé par une géométrie d'arête et une orientation dans l'espace définie par des angles de coupe normalisés [2].

La machine-outil est un ensemble complexe mettant en œuvre un où plusieurs procédés des éléments fixes (bâtis, glissières) où mobiles (broches et arbres tournants dans des paliers) ainsi qu'une partie commande. La machine- outils est donc un véritable système qui doit être étudié comme tel. Tous les éléments, qu'ils soient actifs ou passifs, interagissent. La machine a un comportement dynamique dont ne saurait rendre compte l'étude séparée de chacun de ses éléments [3]. La structure élastique de la machine influence la stabilité de son système dynamique par l'interaction avec le processus de coupe [4], [5].

Dans ce travail nous présentons une étude dynamique sur la caractérisation deux types des porte-outils de tournage ou un des ces porte-outils représente un brevet d'invention [6]. Le but c'est de déterminer le comportement dynamique et de comparer les différents résultats afin de maitre en évidence les différentes influences qu'ils peuvent avoir sur la coupe [7]. Par les études en statique nous avons observé l'augmentation de la valeur de déformation élastique de la porte-outil en fonction du dispositif de serrage environ de 1.5 fois [8], respectivement 2.5 fois [9]. Cette analyse a été réalisé par la comparaison de ces deux modalités de serrage de l'outil : dans le support de porte-outil classique respectivement dans le dispositif interchangeable. Les avantages importants d'utilisation de ces dispositifs interchangeables sont lie à la flexibilité de fabrication, la réduction du temps de changement d'outils etc., mais présent aussi une diminution de la raideur de outils. Cette réduction de raideur est donnée par l'introduction du dispositif interchangeable qui augmente le numéro des éléments et les portes-faux du système.

2. Protocole expérimental

Depuis quelques décennies des années à l'Université Politehnica de Bucarest il existe une très importante recherche concernant les outils coupants, et donc un nouveau porte-outil pour le tournage a été développé. L'intérêt c'est de comparer dans point de vue dynamique ce porte-outil avec d'autres porte-outils qui sont déjà utilisé.

L'objectif de notre étude dynamique concerne la caractérisation dynamique pour chaque porte-outil (fig. 1) monté sur le tour. La réponse dynamique de porte-outil est obtenue grâce à un accéléromètre tridimensionnel positionné sur le corps de l'outil (fig. 2a). Les repères d'accéléromètre (X_a , Y_a , Z_a) sont transposés et analysés dans les repères de la machine-outil (X_m , Y_m , Z_m).

L'acquisition et le traitement de signal est effectué a l'aide d'équipement des vibrations Digitline-Fastview et SoundBook Samurai.

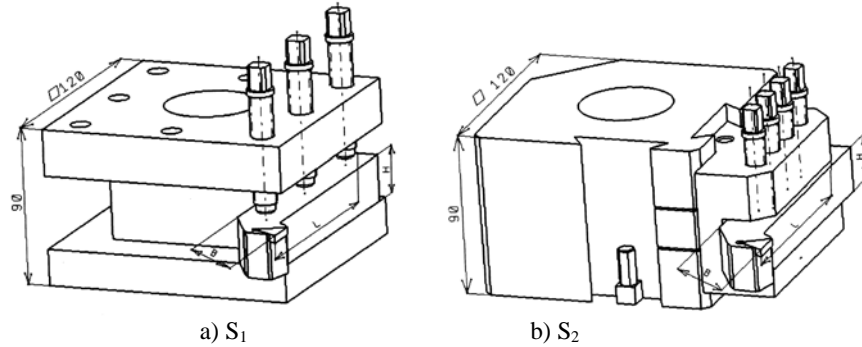


Fig. 1. Les porte-outils étudiés

a) S_1 - dispositif classique-outil à plaquette b) S_2 - dispositif interchangeable- outil à plaquette

La description de chaque porte-outil est présentée dans la figure 1, ou nous avons le dispositif classique- S_1 , avec le système de serrage classique (fig.1a) et l'outil S_2 avec le dispositif interchangeables serré dans le dispositif de base et l'outil (fig. 1b). Le dispositif S_2 fait l'objet d'un brevet d'invention, no. 93650/1985 OSIM Romania [6].

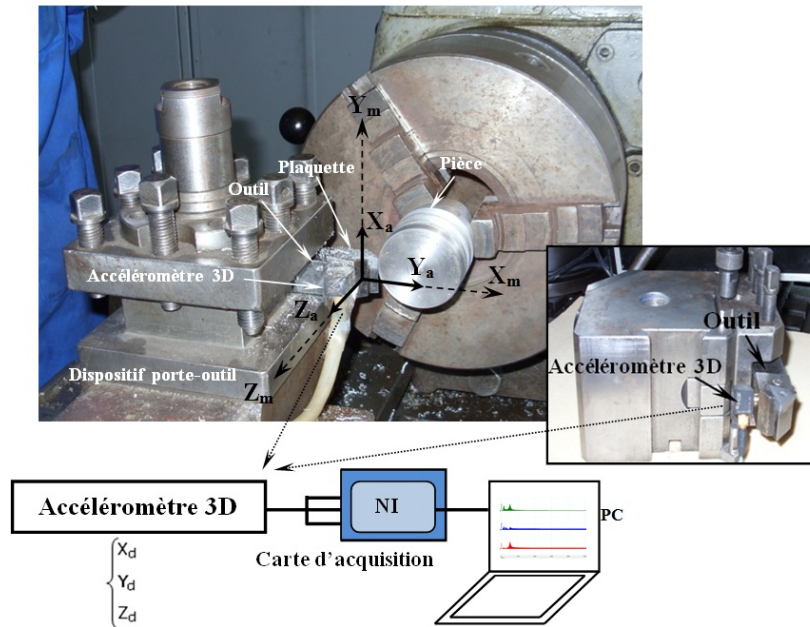


Fig. 2. Dispositif expérimentale et le chaine de mesure

L'outil classique 2 est serre dans un porte-outil fixe classique 1 par des vis (fig. 1a). Quatre différents outils peuvent être montés sur le porte-outil classique. Pour les opérations d'usinage avec plus de quatre phases actives, il est nécessaire d'utiliser un outil flexible pour le système de montage. En conséquence, un dispositif échangeable 2 est présenté dans la fig.1b sur lequel l'outil classique est bloqué par des vis. Le dispositif interchangeable 2 est rapidement mis en place par une assemblée trapézoïdale pour le dispositif. La liaison entre le dispositif de base et le dispositif interchangeable est réalisé par un assemblage trapézoïdal. Le blocage de dispositif interchangeable est obtenu par une clavette spéciale placée en diagonale par un mécanisme vis-écrou. Les essais ont été effectués en deux étapes: à l'impact pour chaque outil en configuration libre et à l'impact de chaque outil monté sur le tour et deuxième étape les essais pendant la coupe en utilisant chaque type de l'outil. Les tests en tournage sont divisés en trois parties : ébauche, semi-finition et finition, ayant pour chaque type de l'outil un échantillon à usiner.

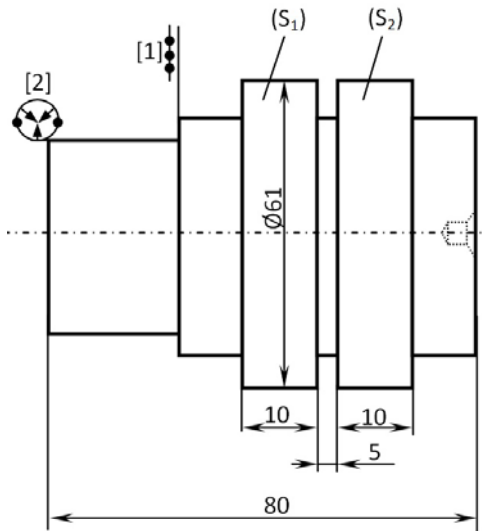


Fig. 3. Les échantillons usinés par chaque outil

Dans la figure 3 est présenté la pièce avec les deux échantillons correspondant pour l'outil S_1 et l'outil S_2 . Pour chaque échantillon nous avons étudié la réponse dynamique correspondants aux conditions de coupe présenté dans le tableau 1. Au niveau général les paramètres de coupe ne sont pas assez importants par rapport à l'usure de la machine.

Tableau 1

Opération Tournage	Paramètres de coupe				
	Outils: S_1, S_2				
	ap (mm)	f (mm/tr)	N (tr/min)	D (mm)	Vc (m/min)
Ebauche	2	0.4	285	57	51.03
Semi-finition	0.3	0.2	408	56.4	72.28
Finition	0.1	0.06	571	56.2	100.81

3. Caractérisation dynamique lors de l'impact

Chaque porte-outil a été caractérisé lors de son spectre de fréquences obtenu par l'impact pour le cas libre dans le but d'obtenir les fréquences propre pour chaque l'outil, représenté dans la figure 4, ou le porte-outil S_1 est positionné sur un tapis élastique et les signaux d'accélération lors de l'impact sont obtenues par l'accéléromètre 3D.

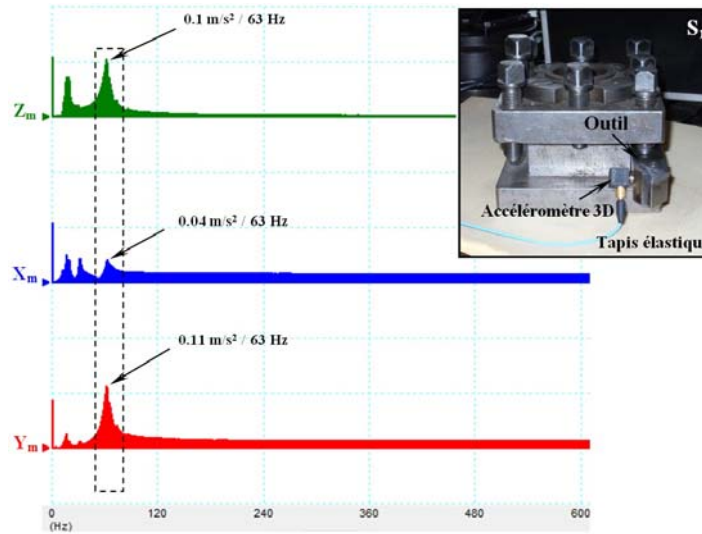


Fig. 4. Les fréquences propres correspondantes au porte-outil S_1

Nous avons identifié la fréquence propre principale suivant les trois directions X_m, Y_m et Z_m. Lors d'analyse de fréquences propres nous observons

dans la figure 4 les pics de fréquence autour de 63 Hz suivant les trois directions. Tandis que pour le porte-outil S_2 , représenté en figure 5 mesuré dans les même conditions que le porte-outil S_1 la fréquence principale est située sur X_m à 44 Hz, sur Y_m à 40 Hz et sur Z_m à 44 Hz (fig. 5). Ces bases fréquences sont influencées par la liaison élastique outil/porte-outil/système de serrage [9].

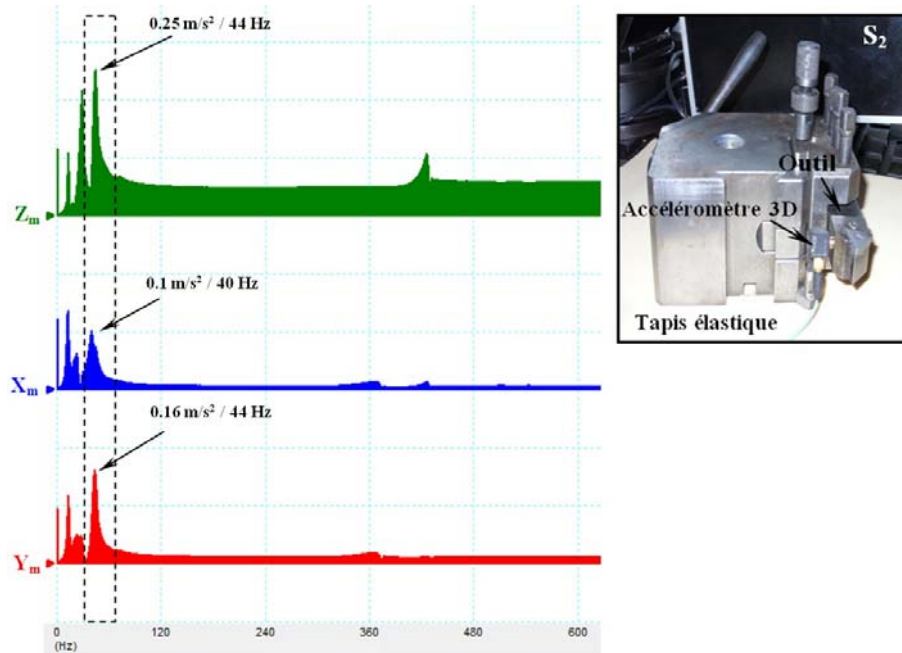


Fig. 5. Les fréquences propres correspondantes au porte-outil S_2

4. Caractérisation dynamique lors de la coupe

La deuxième partie de notre travail consiste sur la l'analyse dynamique de chaque l'outil S_1 et S_2 avec les paramètres de coupe présentés dans le tableau 1. Sachant que la réponse dynamique est obtenue en accélération nous voulons caractériser le comportement dynamique en déplacement par l'intégration double d'accélération [10]. Lors de déplacements obtenue grâce à l'intégration nous avons déterminé le mouvement pour chaque axe de l'outil dans le repère machine-outil (X_m , Y_m , Z_m) pour les deux configurations S_1 et S_2 .

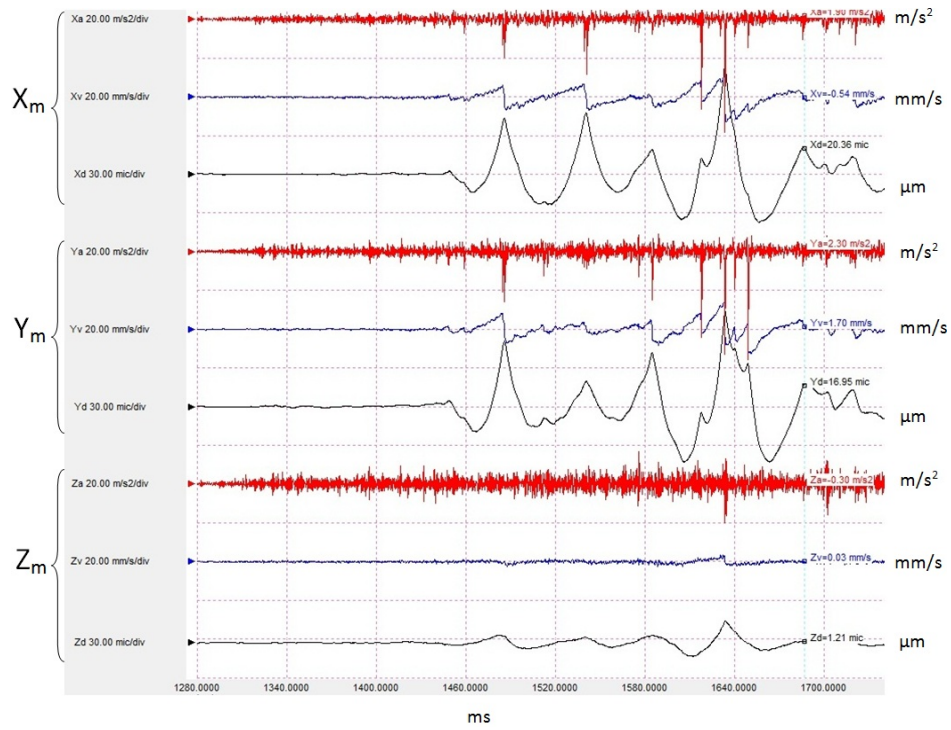
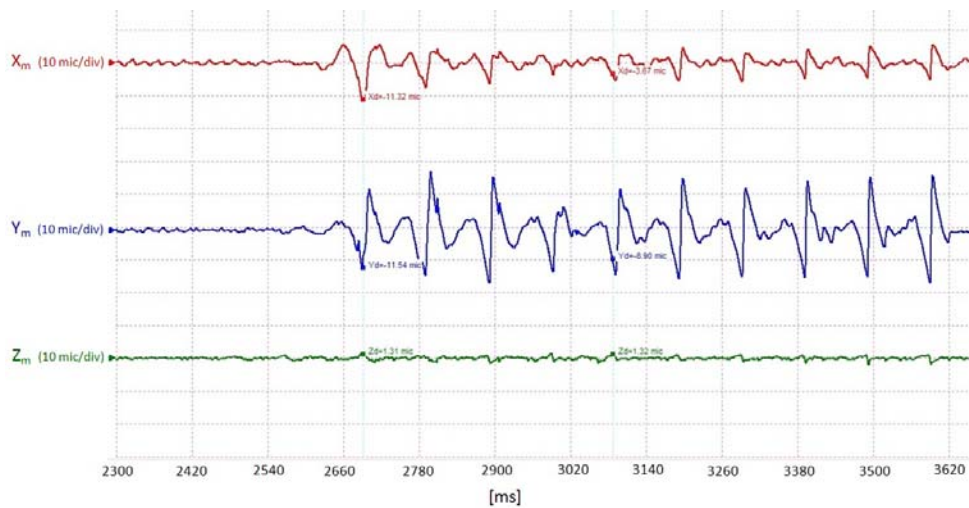


Fig. 6. Le traitement de signal et l'intégration d'accélération

Fig. 7. Les déplacements pour l'outil S_1 dans le cas d'ébauche avec les conditions

Dans la figure 6 sont présentés les signaux lors de la coupe en accélération, vitesse et déplacements sur les trois directions. Dans les figures 7 et 8 nous avons présentés les signaux en amplitude lors de traitement de signal d'accélération ou nous pouvons observer la différence en amplitudes entre les deux types des outils pour chaque direction de la coupe. L'analyse dynamique est concentrée maintenant sur la comparaison de ces deux types des outils pour les trois opérations de coupe en tournage: ébauche, demi-finition et finition (fig.9).

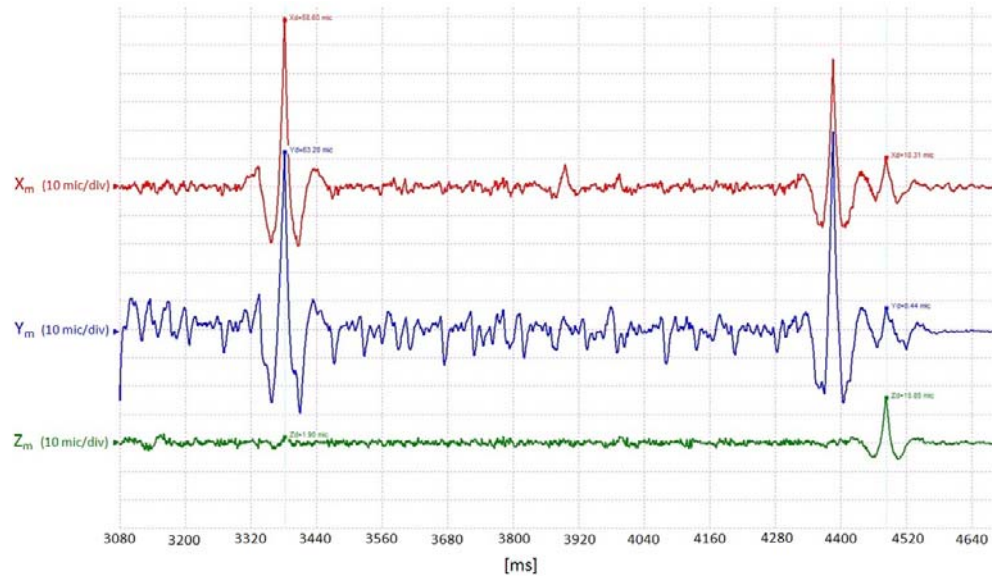


Fig. 8. Les déplacements pour l'outil S_2 dans le cas d'ébauche avec les conditions

Tableau 2

Les résultats des amplitudes de déplacement sur x, y et z pour chaque outil dans les trois opérations de coupe: ébauche, demi-finition et finition

Directions machine	Rapport S_1/S_2		
	Ebauche	Demi-finition	Finition
X_m	4.7	3.5	0.93
Y_m	2.82	1.3	0.7
Z_m	5.5	1.5	0.92

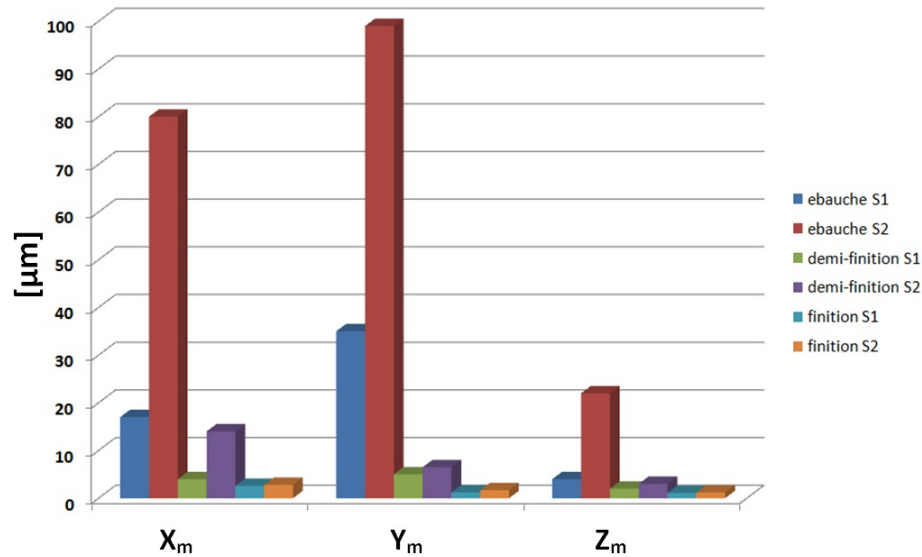


Fig. 9. Les résultats en amplitude obtenue lors d'essais de coupe pour chaque direction

Lors de l'analyse en coupe effectué pour les deux configurations des outils nous avons mis en évidence le comportement dynamique de chaque outil pour chaque direction de mesure. Le résultats montre un comportement meilleur pour le outil S_1 par rapport au l'outil S_2 . La différence on peut l'observé sur les trois directions dans le cas d'ébauche et demi-finition ayant un écart très important par rapport à la finition (fig.9). Les résultats donnent par l'opération de demi-finition et finition montre un comportement similaire pour les deux types des outils, avec des différences que nous pouvons les considéré négligeables. De plus il y a la confirmation de l'influence de ce dispositif interchangeable sur les déformations élastiques de l'outil démontré dans les recherches précédentes [8], [9].

4. Conclusions

Le travail présenté et directement lie a la nécessité de développement de nouveaux outils travaillent en conditions de haute productivité et meilleur qualité. Dans ce but l'analyse dynamique est nécessaire pour la caractérisation et l'évaluation d'un système outil/porte-outil dans le cas de tournage. La solution constructive de dispositif interchangeables et le dispositif de base de l'outil représente le objectif d'un brevet décerné avec la médaille d'or au Salon International des Inventions de Genève, édition 1995. Nous sommes intéressés a

connaître le niveau de raideur de ce système est à comparer avec un système conventionnel.

La réalisation expérimentale est obtenue grâce au protocole expérimental mis en position pour l'acquisition dynamique de signaux des accélérations, suivi après par le traitement de signal mis en place pour l'obtention de déplacements. Avant la coupe des essais à l'impact ont été mis en place afin d'obtenir la fréquence propre pour chaque type de l'outil. L'utilisation des dispositifs interchangeables en remplaçant les dispositifs classiques de serrage des outils sur les machines-outils conduit sur l'augmentation des amplitudes des vibrations dans le cas d'ébauche et demi-finition. En conclusion le comportement dynamique s'explique par la diminution de la raideur du système technologique lors de l'introduction de dispositif interchangeable, montré aussi par les différents travaux [8], [9]. La diminution de la raideur présente pas d'influence vibratoire sur le processus de coupe pendant la phase de finition. Pour les réductions des amplitudes vibratoires et l'enrichissement de comportement dynamique du système porte-outil/outil en perspective sera conçu un dispositif ayant un seul élément interchangeable, respectivement un outil interchangeable en respecte à la fois le critère de raideur et aussi le critère de flexibilité.

En perspective un protocole expérimental pour l'analyse de raideur va être mis en place dans le but d'obtenir le centre de raideur du système outil/porte-outil [10].

REFERENCES

- [1] I. Popescu, C. Minciuc, T. Tanase, D. Brandasu, S. Tonoiu, A. Marinescu, Scule aschiotoare. Dispozitive de prindere a sculelor. Dispozitive de prindere a semifabricatelor. Mijloace de masurare. Monografie. Editura Prinetch, Bucuresti, 2004, 2007 (in romana).
- [2] I. Popescu, Tehnologii de prelucrare mecanica. Editura Matrix Rom. Bucuresti, 2008.
- [3] S. Tonoiu, Contributii la studiul rigiditatii sistemelor tehnologice de prelucrare. Teza de doctorat, UPB, 1998.
- [4] I. Popescu, Sistemaz flessibile di utensili e attrezzature par torni. Macchine, nr.5/1991. Italia.
- [5] V. Tache, I. Popescu, Quando la vibrazioni influenzano la qualita. Machine, nr.11/1985, Italia.
- [6] V. Tache, I. Popescu, Portcutit. Brevet de inventie nr. 93680, 1985, OSIM., Romania. Premiul III la Saloanele Inetrnationale ale Inventiilor din Arad, Targoviste, 1988. Medalie de aur la Salonul International al Inventiilor, Geneva, 1995.
- [7] I. Popescu, Contributii la studiul teoretic si experimental al orientarii si fixarii sculelor aschiotoare pe masini-unelte. Teza de doctorat, UPB, 1977.
- [8] I. Popescu, M. Morsanu, Recherche sur les déformations élastiques de quelques constructions des outils de tournage par la methode d'element finit. Buletin stiintific al UPB, nr.3/2009.
- [9] I. Popescu, S. Tonoiu, Static Stiffness of turning tools. Scientific Bulletin, Series D, Vol.72, Issue 2/2010.
- [10] C. Bisu, JY. K'nevez, P. Darnis, R. Laheurte, A. Gerard, New method to characterize a machining system : application in turning, International Journal of Material Forming, Vol. 2, No.2, pp. 93-105, DOI:10.1007/s12289-009-0395y, Springer, 2009.