

ÉTUDE DES EFFORTS DE COUPE EN PERÇAGE

Sujet du TP

Présentation des essais :

Les manipulations réalisées au cours de ce TP auront pour objectif de mesurer l'effort axial F_a et le couple de coupe C_c générés par des opérations de perçage pour différents paramètres d'entrée :

- les géométries des forets utilisés ont été choisies pour être les plus proches possibles et seront supposées sans influence sur les résultats observés. Seul le diamètre D des forets utilisés changera (série de forets 1 : diamètres $D = 7, 8$ et 9mm , foret 2 : $D = 10\text{mm}$). Tous les forets présentent une coupe au centre
- la vitesse de coupe V_c sera prise constante au maximum. Il peut être montré qu'elle n'influence pas, au premier ordre, les efforts de coupe. Elle sera égale à 30m/min pour la première série de foret et 36m/min pour le foret de diamètre 10mm . Ces valeurs ont été choisies pour correspondre aux gammes de fonctionnement recommandées par les constructeurs pour les forets choisis.
- l'avance f sera le second paramètre variable sur l'ensemble des essais, elle ira de $0,1$ à $0,25\text{mm/tr}$ selon les essais
- les autres paramètres et notamment les vitesses de rotation N et de translation V_f de la machine peuvent ainsi se déduire des paramètres définis

Quatre essais seront ainsi réalisés, avec les paramètres suivants, pour chaque série, les valeurs d'effort et de couples seront relevées. La longueur des perçages effectués n'est pas nécessaire à l'interprétation des données. Il sera simplement noté que celle-ci est choisie suffisamment longue pour laisser le temps à l'effort et au couple de se stabiliser et pour garantir un nombre de points de mesures significatif sur la durée d'un perçage.

Essai	Diamètre du foret [mm]	Vitesse de coupe [m/min]	Avance [mm/tr]	
1	9	30	0.15	
	8			
	7			
2	9		30	0.20
	8			
	7			
	9			

3	8		0.25
	7		
4	10	36	0.1
			0.14
			0.17
			0.2
			0.22

En vous appuyant sur les annexes 1 à 3, après avoir fait démarrer le centre d'usinage (CU), monter la pièce cylindrique à usiner sur son mandrin.

L'origine du porte-pièce O_{pp} ([Ref. Base] déjà programmée dans la machine) se situe à l'intersection de l'axe du mandrin et de la surface supérieure du mandrin. L'origine du programme O_p (ou origine pièce) se situe sur la face supérieure de la pièce montée dans les mors. Vous veillerez à correctement mesurer le décalage en z (distance $O_{pp}O_p$) et le renseigner dans la machine (décalage d'origine [DO1]).

Vérifiez le bon réglage et le bon fonctionnement de la chaîne d'acquisition et du logiciel associé (annexe 2).

RAPPEL : avant tout démarrage d'usinage, vous ferez vérifier vos décalages d'origines par l'enseignant. L'exécution des programmes doit être vérifiée par simulation avant lancement de l'usinage. Aucun usinage ne doit être lancé sans validation préalable de l'enseignant.

Exploitation des essais, analyse des grandeurs dynamiques

Récupérer les valeurs d'efforts et de couple des différents essais et les recopier dans le fichier tableur mis à votre disposition. Remplir les différentes cellules manquantes, les différents graphiques nécessaires à la compréhension du TP sont tracées automatiquement.

- A partir des signaux mesurés au cours des essais et des barres d'erreur représentées sur les graphiques (les valeurs hautes et basses des barres d'erreur correspondent aux valeurs maximales et minimales de la grandeur mesurée au cours de l'essai) identifier l'incertitude sur grandeurs d'effort et de couple. Vous pourrez de même observée la pièce percée pour identifier d'éventuelles vibrations qui peuvent venir perturber les valeurs des signaux mesurés et doivent être prises en compte dans votre interprétation des résultats. Ces incertitudes seront à considérer pour toutes les questions suivantes.
- Observer l'évolution de l'effort de coupe et du couple de coupe avec le diamètre du foret et avec l'avance. Commenter cette évolution, vous semble-t-elle logique ?
- Comparer les puissances mesurées, axiale, de coupe et totale, entre elles et à la puissance maximale de la machine, égale à 13kW. Que pouvez-vous dire des différentes valeurs de puissances observées ?

- A partir des vitesses, efforts et puissances nécessaires sur les différents axes (rotation de l'axe Z et translation de l'axe Z), conclure sur les spécificités des moteurs nécessaires et sur les potentielles technologies adaptées.
- Calculer la valeur de l'énergie spécifique de coupe E_{sc} pour l'ensemble des essais réalisés. Cette grandeur est typiquement de l'ordre de 1 à 6 $J.mm^{-3}$ pour une opération de perçage, un peu moindre en tournage ou fraisage. Vérifier la cohérence de votre valeur avec cette référence.
- L'énergie spécifique de coupe peut atteindre plusieurs $kJ.mm^{-3}$ pour une opération d'usinage par électroérosion. A quelle conclusion cela amène-t-il sur la comparaison de ces deux procédés du point de vue énergétique ? Sur les puissances nécessaires au fonctionnement d'une machine d'usinage et d'une machine d'électroérosion ? Sur les débits de matière que peuvent fournir ces deux procédés ?

Introduction à la notion d'effort spécifique et mise en place d'un modèle de prédiction des efforts

Pour les différentes raisons, non exhaustives, rappelées en introduction de ce TP, il est utile de pouvoir prédire les efforts, couple et puissances nécessaires à une opération de perçage et plus généralement à une opération de perçage. L'idée consiste donc à définir une grandeur, ici de manière empirique, sur laquelle il sera possible de s'appuyer pour prédire ces efforts. Cette grandeur sera nommée *effort spécifique* k_c , homogène à une pression, elle sera définie comme le rapport d'un effort donné dF sur la surface sur laquelle il s'applique dS . Implicitement, il est ici considéré que cette pression équivalente est uniformément répartie sur la surface concernée et s'obtient ainsi la relation :

$$k_c [MPa] = dF [N] / dS [mm^2]$$

Aspects mésoscopiques d'une opération de perçage

Il est ainsi nécessaire de définir les sections sur lesquelles s'appliquent les efforts considérés au niveau macroscopique, voir figure 4. Le foret comprenant 2 arêtes de coupe, deux sections sont découpées à la fois, chacune le long d'une arête. Du fait des définitions posées plus tôt, ces sections, nommées aussi sections de copeau (elles correspondent à une tranche de matière enlevée) s'expriment chacune sous la forme $S_{copeau} = f_z \cdot D / 2$. Sur ces sections, il est ensuite possible de définir une section élémentaire dS de largeur dr et de hauteur f_z sur laquelle on pourra considérer les efforts spécifiques élémentaires. L'orientation dans l'espace de la section élémentaire dS étant quelconque (pas d'alignement particulier de la normale à cette section avec le repère de référence (X, Y, Z)) l'effort élémentaire s'appliquant sur cette surface aura a priori trois composantes dans le repère de base dFr dans la direction radiale, dF_c dans la direction circonférentielle ou direction de coupe et enfin dF_a dans la direction axiale.

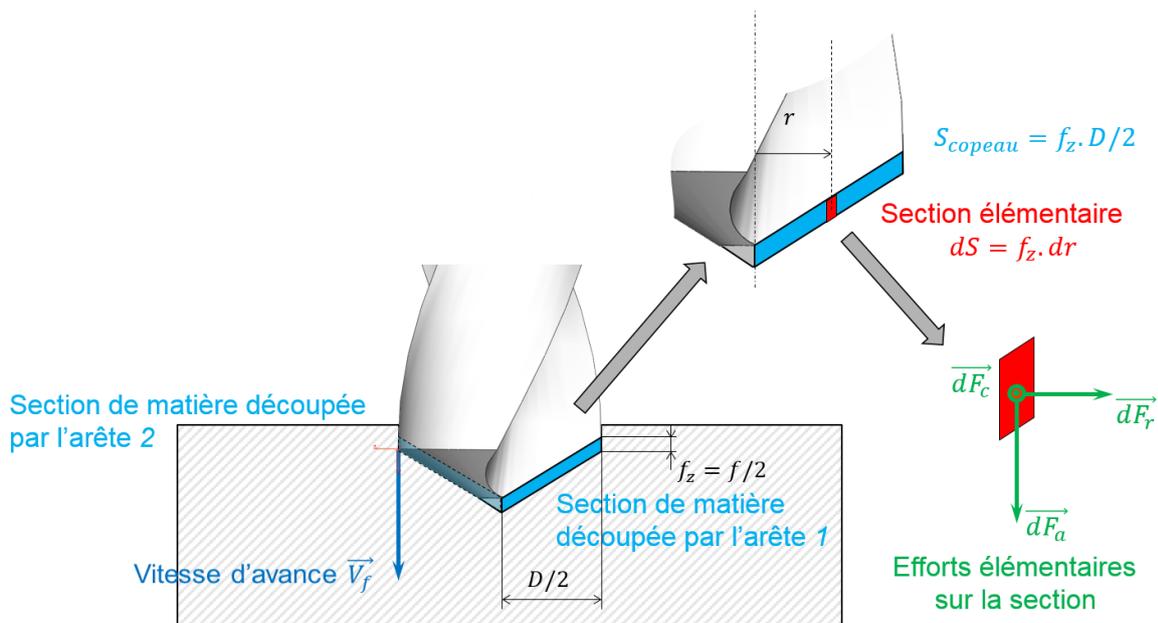


Figure 4 : définition des sections de matière enlevées sur chaque arête du foret et des efforts élémentaires sur celles-ci

Il est alors possible d'appliquer la définition proposée d'effort spécifique pour trouver :

$$k_{cr} = \frac{dF_r}{dS} ; k_{cc} = \frac{dF_c}{dS} ; k_{ca} = \frac{dF_a}{dS}$$

L'objectif désormais est de lier ces trois efforts spécifiques aux grandeurs mesurées macroscopiquement pour identifier leur évolution en fonction des paramètres du problème et ainsi déterminer si les efforts spécifiques peuvent être une notion permettant de prédire les efforts.

En supposant toujours que les valeurs des efforts spécifiques sont constantes en tout point de la section et en prenant en compte la symétrie du problème (deux arêtes le long desquelles une symétrie centrale par rapport à l'axe du foret sera observée sur les efforts, voir figure 5), il est possible d'obtenir :

$$F_r = \int_1 dF_r^1 + \int_2 dF_r^2 = \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} dF_r^1 + \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} -dF_r^1 = 0$$

$$F_c = \int_1 dF_c^1 + \int_2 dF_c^2 = \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} dF_c^1 + \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} -dF_c^1 = 0$$

$$F_a = \int_1 dF_a^1 + \int_2 dF_a^2 = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} dF_a^1$$

$$C_r = \int_1 r \cdot dF_r^1 + \int_2 r \cdot dF_r^2 = \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} r \cdot dF_r^1 + \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} -r \cdot dF_r^1 = 0$$

$$C_c = \int_1 r \cdot dF_c^1 + \int_2 r \cdot dF_c^2 = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} r \cdot dF_c^1$$

$$C_a = \int_1 r \cdot dF_a^1 + \int_2 r \cdot dF_a^2 = \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} r \cdot dF_a^1 + \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} -r \cdot dF_a^1 = 0$$

Des raisons évidentes de symétrie permettent ainsi de retrouver qu'au niveau macroscopique seuls un effort axial et un couple autour de l'axe du foret seront mesurés. Ainsi, l'effort spécifique radial k_{cr} ne sera pas identifiable par des mesures au niveau macroscopique mais il ne présente pas non plus d'intérêt pour des considérations globales sur le perçage.

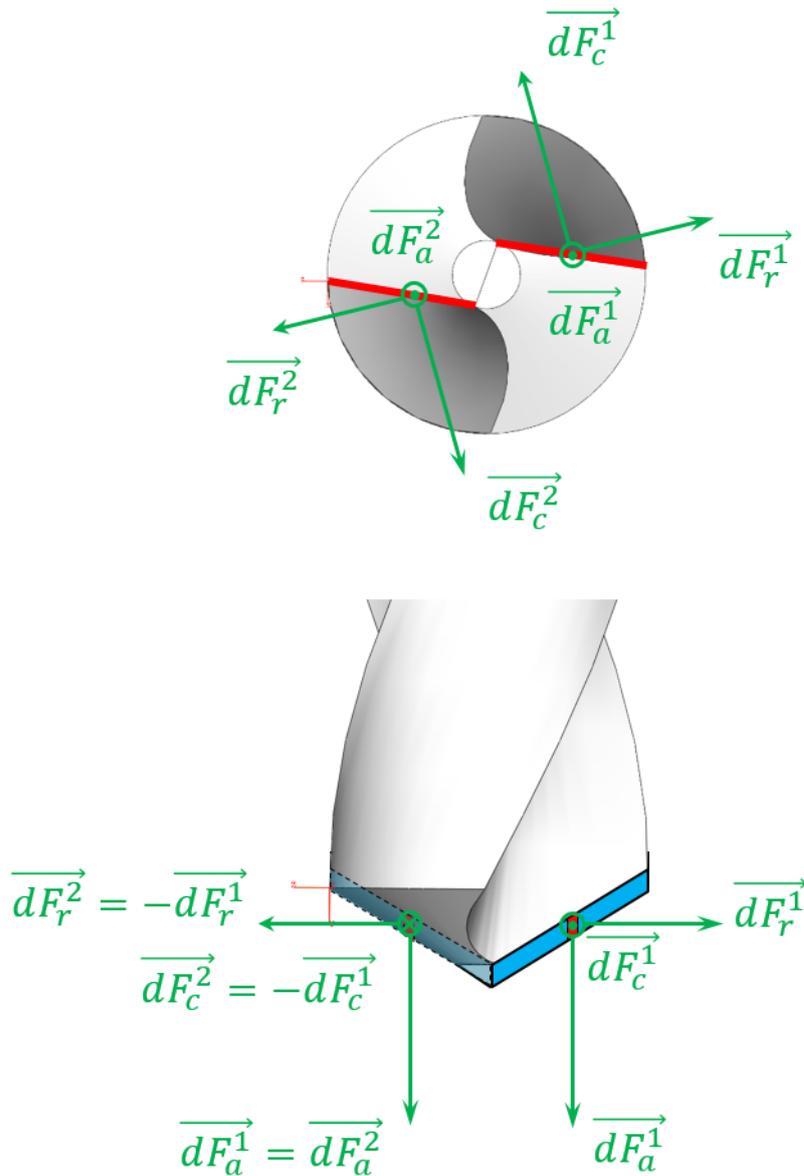


Figure 5 : symétrie des efforts élémentaires sur les deux arêtes actives (1 et 2) d'un foret

Il est maintenant possible d'injecter les définitions des efforts spécifiques axiaux et radiaux :

$$dF_a = k_{ca} \cdot dS \text{ et } dF_c = k_{cc} \cdot dS \text{ avec } dS = f_z \cdot dr = \frac{f}{2} \cdot dr$$

$$F_a = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} dF_a^1 = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} k_{ca} \cdot \frac{f}{2} \cdot dr$$

$$C_c = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} r \cdot dF_c^1 = 2 \cdot \int_{r=0}^{r=\frac{D}{2}} k_{cc} \cdot \frac{f}{2} \cdot r \cdot dr$$

D'où finalement :

$$F_a = k_{ca} \cdot \frac{f}{2} \cdot D$$

$$C_c = k_{cc} \cdot f \cdot \frac{D^2}{8}$$

Il est ainsi possible de tracer l'évolution des efforts spécifiques k_{ca} et k_{cc} en fonction des différents paramètres d'entrée.

- Comparer les valeurs obtenues pour k_{ca} et k_{cc} . Leurs valeurs relatives sont-elles cohérentes avec les conclusions obtenues sur les différentes puissances calculées précédemment ?

- Observer l'évolution des efforts spécifiques pour différentes valeurs de l'avance f en fonction du diamètre des forets. Le choix d'un modèle d'effort spécifique vous paraît-il ainsi pertinent ?
- Observer ensuite l'évolution des efforts spécifiques en fonction de l'avance f pour le foret de diamètre 10mm. Toujours en prenant en compte les incertitudes de mesure, proposer une expression qui puisse permettre de prédire les efforts spécifiques en fonction des différents paramètres d'entrée de l'opération.

Plusieurs modèles d'efforts spécifiques existent dans la littérature, un des plus couramment utilisé peut s'écrire sous la forme **simplifiée** suivante :

$$k_c = k_{c(f_0)} \cdot \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-0.3}$$

Seul l'effort spécifique dans la direction de coupe est habituellement présenté, le k_c du modèle de la littérature correspond ainsi au k_{cc} de l'étude réalisée ci-avant. Dans cette expression, il sera constaté que la vitesse de coupe V_c et le diamètre D (et plus généralement pour une opération d'usinage, la profondeur de passe a_p) n'interviennent pas sur l'effort spécifique. La valeur $k_{c(f_0)}$ correspond à la valeur de l'effort spécifique pour une avance de référence f_0 , elle dépend principalement du matériau usiné. En effet de manière évidente, l'effort spécifique dépend du matériau découpé.

- Commenter la pertinence de l'expression unique de l'effort spécifique de coupe k_{cc} au regard des mesures de puissances et d'énergie effectuées au cours du TP.
- La forme de cette expression d'effort spécifique vous paraît-elle cohérente avec vos observations expérimentales ?

Conclusion :

La détermination d'un modèle empirique des efforts spécifiques permet de prédire les efforts engendrés par une opération d'usinage, directement à partir des paramètres d'entrée de l'opération (paramètres de coupe : V_c, f, D ou a_p et matériau usiné). Il est ainsi possible de calculer les puissances qui seront nécessaires à l'usinage, les énergies consommées, ce qui permet de dimensionner une opération, un choix de machine ou d'orienter le choix des paramètres d'usinage. La connaissance des efforts d'usinage est aussi une donnée d'entrée nécessaire pour aborder les problématiques de déformation ou vibration des pièces pendant l'usinage.

Annexes

Contenu

ÉTUDE DES EFFORTS DE COUPE EN PERÇAGE	1
Présentation des essais :	1
Exploitation des essais, analyse des grandeurs dynamiques	2
Introduction à la notion d'effort spécifique et mise en place d'un modèle de prédiction des efforts.....	3
Aspects mésoscopiques d'une opération de perçage.....	3
Conclusion :	6
Annexes	7
1. Annexe 1 : Programmes d'usinage.....	8
2. Annexe 2: Chaîne d'acquisition.....	9
2.1. Vue globale.....	9
2.2. Dynamomètre	10
2.3. Amplificateurs de charge.....	12
2.3.1. Données techniques.....	12
2.3.2. Procédure de réglage	14
2.4. Carte d'acquisition NI-USB-6000.....	14
2.5. Système d'acquisition.....	15
3. Annexe 3 : Outils utilisés.....	17
3.1. Foret avec coupe au centre (diamètre 10mm)	17
Foret utilisés pour les perçages de diamètre variable (prog. 1-3).....	18

1. Annexe 1 : Programmes d'usinage

Repérage général

L'origine des programmes est située sur la face supérieure de la pièce, en son centre. Les trous sont ensuite percés aux emplacements repérés sur la figure ci-dessous. Les conditions de coupe utilisées dans les programmes qui suivent sont les conditions préconisées par les fabricants.

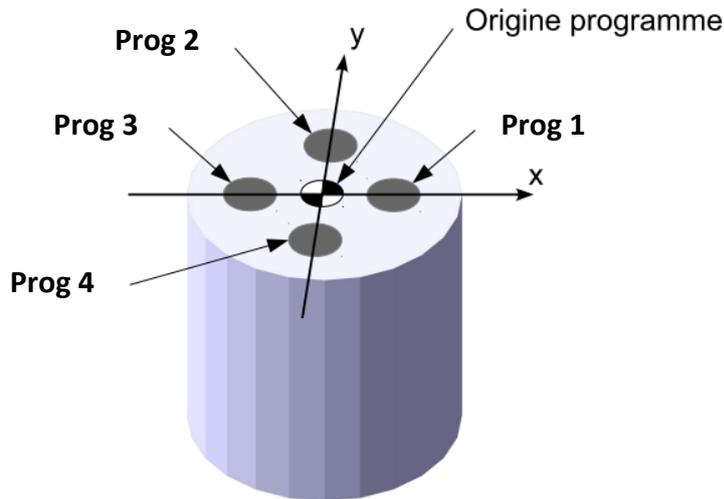


Figure 1.1 : Repérage des numéros de programme de perçage

Programme 001_TROUS_ETAGES_F015

Perçage de trous de diamètres décroissants avec les forets Nachi (FORx_NACHI avec x=diam. Outil). Ces forets ont un affutage au centre et ne nécessitent pas de trou de centrage.

- Diamètres : 9 / 8 / 7 mm
- Vitesse de coupe 30 m/min
- Avance 0.15 mm/tr

Programme 002_TROUS_ETAGES_F02

Perçage de trous de diamètres décroissants avec les forets Nachi (FORx_NACHI avec x=diam. Outil). Ces forets ont un affutage au centre et ne nécessitent pas de trou de centrage.

- Diamètres : 9 / 8 / 7 mm
- Vitesse de coupe 30 m/min
- Avance 0.2 mm/tr

Programme 003_TROUS_ETAGES_F025

Perçage de trous de diamètres décroissants avec les forets Nachi (FORx_NACHI avec x=diam. Outil). Ces forets ont un affutage au centre et ne nécessitent pas de trou de centrage.

- Diamètres : 9 / 8 / 7 mm
- Vitesse de coupe 30 m/min
- Avance 0.25 mm/tr

Programme 004_VAR_AVANCE_D10_CX

Perçage avec le foret avec coupe au centre (10017100 chez Otelo). Le programme appelle le foret FOR10HSS_CROIX, il est blanc avec la tête jaune (revêtue). Les conditions de coupe sont :

- $V_c=36$ m/min
- Variation de l'avance 0.1 / 0.14 / 0.17 / 0.2 / 0.22 mm/tr

2. Annexe 2: Chaîne d'acquisition

2.1. Vue globale

La mesure des efforts (F et C) effectuée dans ce TP est réalisée par une chaîne d'acquisition constituée de 4 éléments principaux (1-Dynamomètre, 2-amplificateurs de charge, 3-multimètres, 4-carte et logiciel de traitement sur ordinateur PC), et décrite par le schéma suivant.

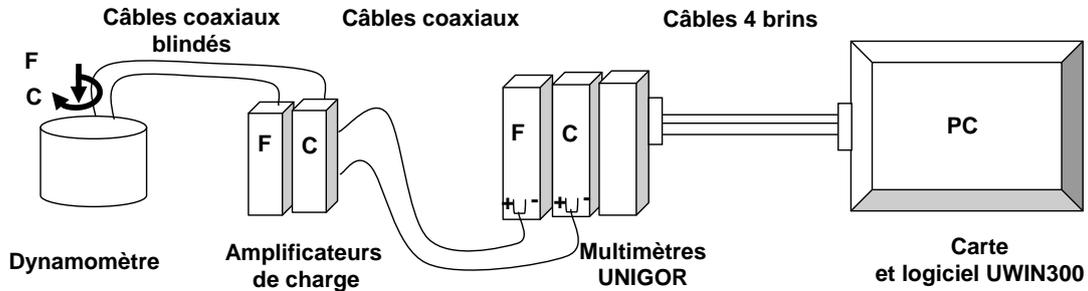


Figure 2.1 : Vue globale de la chaîne d'acquisition

Les Annexes 2.2 et 2.3 se rapportent au dynamomètre et aux amplificateurs de charge. La mise en route des multimètres et le fonctionnement du logiciel UNIGOR sont décrites en paragraphes 2.4 et 2.5.

2.2. Dynamomètre



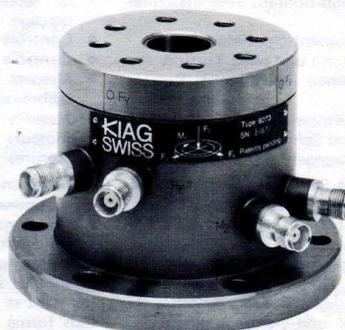
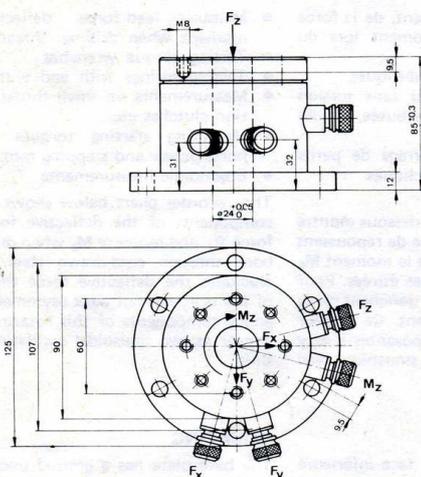
4-KOMPONENTEN-DYNAMOMETER F_x, F_y, F_z, M_z
DYNAMOMETRE A 4 COMPOSANTES F_x, F_y, F_z, M_z
4-COMPONENT DYNAMOMETER F_x, F_y, F_z, M_z

Type Nr. Ed. Fol.
9273 6.9273 6.77

Quarzkristall - Vierkomponenten-Dynamometer zum Messen der Axialkraft, des Drehmomentes und der Abdrängkraft beim Bohren, Gewindeschneiden etc. Das kompakte Dynamometer zeichnet sich durch eine grosse Steifheit und demzufolge durch eine hohe Eigenfrequenz aus. Sein hohes Auflösungsvermögen ermöglicht das Messen von kleinen dynamischen Änderungen grosser Kräfte.

Dynamomètre à cristal de quartz à quatre composantes pour la mesure de la force axiale, du moment et de la force de repoussent lors du perçage, du taraudage etc. Ce dynamomètre compact qui se caractérise par une grande rigidité et donc par une fréquence propre élevée, autorise la mesure des variations les plus faibles de forces nominales importantes.

Quartz four-component dynamometer for measuring the axial force, torque and deflective force when drilling, threadcutting etc. The compact dynamometer possesses high rigidity and therefore a high natural frequency, enabling the smallest dynamic changes to be measured in large basic forces.



1:2

TECHNISCHE DATEN

DONNEES TECHNIQUES

TECHNICAL DATA

Komponenten	Composantes	Components	F_x, F_y	F_z	M_z
Bereich	Gamme	Range	kN	-5 ... 5	-5 ... 20
Überlast	Surcharge	Overload	kN	-6 / 6	-6 / 24
Ansprechschwelle	Seuil de réponse	Threshold	N	0,02	0,02
Empfindlichkeit	Sensibilité	Sensitivity	pC/N	-3,5	-1,9
Linearität	Linéarité	Linearity	%FSO	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 1$
Hysteresis	Hystérésis	Hysteresis	%FSO	≤ 1	≤ 1
Steifheit	Rigidité	Rigidity	kN/ μ m	0,1	2
Eigenfrequenz	Fréquence propre	Natural frequency	kHz	1,5	3
Übersprechen	Cross talk	Cross talk	$F_z \rightarrow F_{x,y}$	%	$\leq \pm 1$
			$F_x \leftrightarrow F_y$	%	$\leq \pm 3$
			$F_{x,y} \rightarrow F_z$	%	$\leq \pm 3$
			$F_z \rightarrow M_z$	Ncm/N	$\leq \pm 0,02$
			$M_z \rightarrow F_z$	N/Ncm	$\leq \pm 0,01$
Betriebstemperaturbereich	Gamme de température d'utilisation	Operating temperature range	°C	0 ... 70	
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	Coefficient de température de la sensibilité	Temperature coefficient of sensitivity	%/°C	-0,02	
Kapazität	Capacité	Capacitance	pF	≈ 350	
Isolationswiderstand	Résistance d'isolement	Insulation resistance	T Ω	>10	
Anschlusstecker	Connecteur	Connecting plug	Type	TNC, neg.	
Gewicht	Poids	Weight	kg	3,3	

1 N (Newton) = 1 kg · m · s⁻² = 0,1019... lbf; 1 kp = 0,2248... lbf; 1 kp = 1 kgf = 9,80665 N; 1 lbf = 4,448... N; 1 inch = 25,4 mm; 1 T Ω (Teraohm) = 10¹² Ω

BESCHREIBUNG

Das Dynamometer besteht aus zwei Zweikomponenten-Messunterlagscheiben, die übereinander unter hoher Vorspannung zwischen eine Grundplatte und eine Deckplatte eingebaut sind. Die Messunterlagscheiben enthalten je zwei Sätze Quarzscheiben, die kreisförmig und bezüglich ihrer Empfindlichkeit richtungsorientiert angeordnet sind. Die eine Messunterlagscheibe gibt eine zu F_z sowie eine zu M_z proportionale Ladung ab und die andere ergibt eine zu F_x sowie zu F_y proportionale Ladung. Die entstehenden Ladungen werden an TNC-Anschlüsse geleitet. Die vier Komponenten werden praktisch woglos gemessen. Es ist zu beachten, dass die Messbereiche durch kombinierte und exzentrische Belastungen verkleinert werden. Das Dynamometer ist rostbeständig und gegen das Eindringen von Spritzwasser bzw. Kühlmittel geschützt.

ANWENDUNG

Dynamisches und quasistatisches Messen der Axialkraft F_z , des Momentes M_z um diese Achse sowie der Kräfte F_x und F_y .

Anwendungsbeispiele

- Vorschubkraft-, Abdrängkraft- und Momentmessungen beim Bohren, Gewindeschneiden etc.
- Prüfen von Drehmomentschlüsseln
- Prüfen von Federn mit und ohne Torsion
- Messungen an kleinen Drucklagern, Rutschkupplungen etc.
- Messung der Anlaufmomente und der Lagerkraft von Klein- und Schrittmotoren
- Ergonomische Messungen

Das unten abgebildete Diagramm zeigt die Messwerte der x- und y-Komponenten der Abdrängkraft F_{xy} , der Vorschubkraft F_z und des Drehmomentes M_z beim Schneiden einer 10 mm-Bohrung in einen kaltgezogenen Flachstahl. Zur Verdeutlichung der Abdrängkraft wurde die Schneide des verwendeten Bohrers einseitig zurückgeschliffen. Die x- und y-Komponenten dieses rotierenden Kraftvektors erscheinen als zwei um 90° verschobene Sinusschwingungen.

MONTAGE

Die Grundplatte weist eine geschliffene Bodenfläche sowie sechs Bohrungen auf, die eine direkte Montage auf eine starre plangeschliffene Fläche wie beispielsweise auf einen Werkzeugmaschinen-tisch ermöglicht. Das Dynamometer kann jedoch auch mit Pratzen befestigt werden. Zum Aufspannen der krafteinleitenden Teile sind auf der Deckplatte in einem Kreis acht Bohrungen mit Gewinde angeordnet. Die Auflageflächen der krafteinleitenden Teile sollten ebenfalls geschliffen oder gleichwertig bearbeitet sein. Beim Messen von Zugkräften ist sorgfältig zu überprüfen, ob die Aufspannung die auftretenden Zugkräfte einwandfrei übertragen kann.

ELEKTRONIK

Neben dem Dynamometer gehören zu einer Vierkomponenten-Kraftmessereinrichtung vier Ladungsverstärker, welche die Ladungssignale des Dynamometers in Ausgangsspannungen umwandeln, die proportional zu den auftretenden Kräften sind. Das Vollbereichssignal des Standardverstärkers Typ 5001 beträgt 10 V. Die Ladungsverstärker sind im Lieferumfang nicht enthalten, sie sind separat zu bestellen, siehe Datenblatt 11.5001 bzw. 11.5051.

Verlauf der Abdrängkraft F_{xy} , der Vorschubkraft F_z und des Momentes M_z beim Bohren (10 mm) durch kaltgezogenen Flachstahl. $n = 415$ U/min und Vorschub = 0,10 mm/U.

Evolution de la force de repoussent F_{xy} , de la force d'avancement F_z et du moment M_z lors du perçage (10 mm) de tôles étirées à froid ($n = 415$ t/min, l'avance étant de 0,10 mm/t).

Behaviour of the deflective force F_{xy} , feed force F_z and moment M_z when drilling (10 mm) through cold-drawn flat steel at 415 rpm with feed 0,10 mm per rev.

DESCRIPTION

Le dynamomètre se compose de deux rondelles de charge à deux composantes montées l'une sur l'autre sous précontrainte élevée entre une plaque de base et une plaque supérieure. Les rondelles de charge comprennent chacune deux jeux de lamelles de quartz disposées de façon circulaire et orientées en fonction de leur sensibilité. L'une des rondelles de charge engendre une charge électrique proportionnelle à F_z et à M_z alors que l'autre engendre une charge proportionnelle à F_x et F_y . Ces charges sont amenées aux prises TNC. Les composantes sont mesurées pratiquement sans déformation. Il est à noter que les gammes utilisables peuvent être réduites par des charges combinées et excentriques. Le dynamomètre est protégé contre la corrosion et contre les infiltrations d'eau ou de produit de refroidissement.

APPLICATION

Mesure dynamique et quasi-statique de la force axiale F_z , du moment M_z autour de cet axe ainsi que des forces F_x et F_y .

Exemples d'application

- Mesure de la force d'avancement, de la force de sectionnement et du moment lors du perçage, du taraudage, etc.
- Contrôle des clés dynamométriques
- Contrôle de ressorts avec ou sans torsion
- Mesures sur des roulements de butée, sur des embrayages à friction etc.
- Mesures du couple de démarrage de petits moteurs ou de moteurs cycliques
- Mesures ergonométriques

La bande enregistrée présentée ci-dessous montre les composantes x et y de la force de repoussent F_{xy} , la force d'avancement F_z et le moment M_z lors du perçage (10 mm) de tôles étirées. Pour accentuer la force repoussent le tranchant de la mèche fut affûté asymétriquement. Ce vecteur tournant se résout en deux composantes x et y sous forme de deux oscillations sinusoïdale avec un déphasage de 90° .

MONTAGE

La plaque de base présente une face inférieure rectifiée ainsi que six alésages qui permettent un montage direct sur une surface rigide rectifiée comme par exemple sur un plateau de machine-outil. Le dynamomètre peut toutefois aussi être fixé au moyen d'étriers. La plaque supérieure possède huit taraudages concentriques permettant de fixer la pièce introduisant la force. Les faces d'appui de cette pièce devraient aussi être rectifiées ou posséder un état de surface équivalent. Si des forces de traction doivent être mesurées, il est utile de s'assurer que la fixation est bien apte à transmettre parfaitement les forces de traction pouvant apparaître.

ELECTRONIQUE

Outre le dynamomètre, une installation de mesure de force à quatre composantes comporte encore quatre amplificateurs de charge qui transforment les charges électriques engendrées par le dynamomètre en tensions de sortie proportionnelles aux forces appliquées. Le signal de pleine gamme de l'amplificateur standard Type 5001 est de 10 V. Les amplificateurs de charge ne font pas partie de la fourniture et sont à commander séparément selon les notices techniques 11.5001 resp. 11.5051.

DESCRIPTION

The dynamometer consists of two two-component load washers, fitted under high pre-load one above the other between a baseplate and a cover plate. Each load washer contains two sets of quartz disks, which are arranged direction-oriented in relation to their sensitivity. One load washer yields a charge proportional to F_z and another to M_z , while the other yields a charge proportional to F_x and another to F_y . The resulting charges are led to TNC connectors. The four components are measured virtually without displacement. It must be taken into account that combined and eccentric loads may reduce the measuring ranges. The dynamometer is rustproof and keeps out splash water and coolants.

APPLICATION

Dynamic and quasistatic measurement of the axial force F_z , the moment M_z about this axis, and the forces F_x and F_y .

Application examples

- Measuring feed force, deflective force and moment when drilling, threadcutting etc.
- Testing torque wrenches
- Testing springs with and without torsion
- Measurements on small thrust bearings, friction clutches etc.
- Measuring starting torques on fractional horse power and stepping motors
- Ergonomic measurements

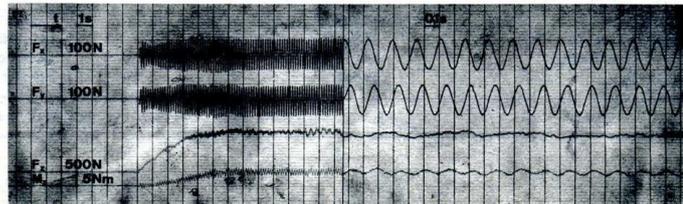
The recorder chart below shows the x- and y-components of the deflective force F_{xy} , feed force F_z and moment M_z when drilling a 10 mm bore through cold-drawn steel. In order to elucidate the deflective force the cutting edge of the drill was cut back asymmetrically. The x- and y-components of this rotating force vector appear as two sinusoidal oscillations with phase shift.

MOUNTING

The base plate has a ground underface and six holes, enabling it to be fitted straight onto a rigid, face-ground surface such as the table of a machine tool for example. However the dynamometer can also be fixed by means of claws. For clamping-on the force introducing parts, eight threaded holes are arranged in a circle on the top plate. The supporting surfaces of the force introducing parts should also be ground or machined to equivalent standard. If tensile forces are to be measured as well, it is necessary to examine carefully whether the mounting is capable of transmitting properly the tensile forces occurring.

ELECTRONICS

Besides the dynamometer a four-component force measuring system includes four charge amplifiers which convert the charge signals from the dynamometer into output voltages proportional to the forces sustained. Full-range signal from the standard amplifier Type 5001 is 10 V. The charge amplifiers are not included in the supply and must be ordered separately, see data sheet 11.5001 or 11.5051 as the case may be.



2.3. Amplificateurs de charge

2.3.1. Données techniques

LADUNGSVERSTAERKER
AMPLIFICATEUR DE CHARGE
CHARGE AMPLIFIER

5001 11.5001 10.70 1

Ladungsverstärker mit hohem Bedienungskomfort zur Umwandlung von elektrischen Ladungen in proportionale Spannungen. 12 geeichte Bereiche und Eichfaktoreinstellung, Eichung in mech. Einheiten/Volt, Anwendung von Frequenz 0 (quasi-statische Vorgänge und Eichung) bis 180 kHz.
Die raffinierte Bereichsanzeige erleichtert die Bedienung und verhindert Fehleinstellungen. SEV-geprüft (Schweiz. Elektrotechn. Verein)

Amplificateur de charge d'emploi simple pour la transformation de charges électrostatiques en tensions proportionnelles. 12 gammes étalonnées en unités mécaniques par Volt et réglage du facteur de calibration. Gamme de fréquence de 0 (mesure quasi-statique et étalonnage) jusqu'à 180 kHz. Un indicateur de gammes très étudié simplifie l'utilisation et élimine les erreurs dans le réglage.
Approuvé par l'ASE (Ass. Suisse d. Electriciens)

Easy-to-operate charge amplifier for transforming electrostatic charges into proportional voltages. 12 ranges, calibrated in mechanical units/volt and calibration factor setting, frequency range from 0 (short term static measurement and calibration) to 180 kHz. The ingenious range indicator makes operation easy and avoids faulty settings.
Approved by the SEV (Swiss Electrotechnical Association)

● KO- und Galvo-Ausgänge, 50 mA

● Sorties pour oscillo et enregistreur, 50 mA

● Scope and Galvo outputs, 50 mA

● Steckbare Filter

● Filtres enfichables

● Plug-in Filters

▼ Empfindlichkeit des Aufnehmers einstellen

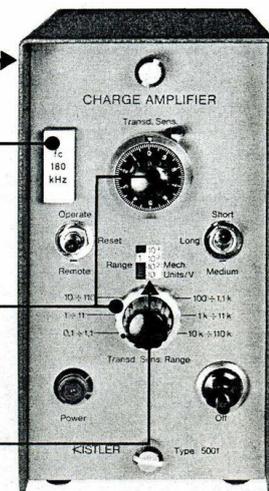
▼ Régler à la sensibilité du capteur

▼ Dial Transducer sensitivity

▼ Bereich wählen
12 Bereiche, geeicht in mech. Einheiten/Volt

▼ Choisir la gamme
12 gammes, étalonnées en unités mécan./Volt

▼ Select Range
12 ranges, calibrated in mech. units/Volt



TECHNISCHE DATEN

DONNEES TECHNIQUES

TECHNICAL DATA

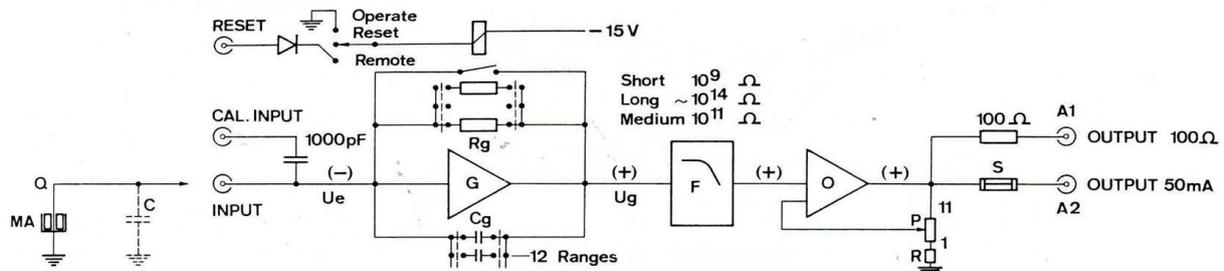
Messbereiche, 12 Stufen, 1:2:5:.. und kontinuierlich 1:10	portées de mesure, 12 gammes, 1:2:5:.. et réglage continu 1:10	measuring ranges, 12 steps, 1:2:5:.. and continuous 1:10	pC	± 10±500'000
Eichfaktoreinstellung	réglage du facteur de calibration	calibration factor setting	pC/M.U.*0,1±110'000	
Ausgangsspannung	tension de sortie	output voltage	V	± 10
Ausgangsstrom	courant de sortie	output current	mA	± 50
Ausgangsimpedanz, A1	impédance de sortie, A1	output impedance, A1	Ω	100
A2, (inkl. Sicherung)	A2, (avec fusible)	A2, (incl. fuse)	Ω	0,5 (35)
Isolationswiderstand am Eingang	résistance d'isolement à l'entrée	insulation resistance at input	Ω	10 ¹⁴
Frequenzbereich mit Standardfilter (-3dB)	gamme de fréquences avec filtre standard (-3dB)	frequency range with standard filter (-3dB)	kHz	0 - 180**
Zeitkonstante "Long"	constante de temps "Long"	time constant "Long"	s	1'000±100'000
(je nach eingestelltem Bereich) "Medium"	(suivant la gamme sélectionnée) "Medium"	(depending on selected range) "Medium"	s	1±5'000
"Short"	"Short"	"Short"	s	0,01±50
Linearität (max. Fehler)	linéarité (erreur max.)	linearity (max. error)	%	± 0,05
Genauigkeit der Bereiche (der 2 empfindlichsten)	tolérance des gammes (des deux les plus sensibles)	accuracy of ranges (of the two most sensitive ones)	%	± 1
Eicheingang	entrée d'étalonnage	calibration input	%	± 3
Brumm und Rauschen (Verstärker)	bruit de fond (amplificateur)	noise (amplifier)	pC/mV	1
Kabelstörsignal max. Drift (durch Leckstrom)	bruit de fond dû à la capacité d.câble dérive max. (dûe au courant de fuite)	cable noise (due to capacity) max. drift (due to leakage current)	mVrms	max. 2
Messanschlüsse	connecteurs	connectors	pCrms/1000pF max. 0,02	
Netzanschluss, Schutzklasse II für nicht geerdeten Betrieb	alimentation, classe de protection II sans mise à terre	power, protection class II for ungrounded operation	pC/s	± 0,03
Zulässige Umgebungstemperatur	température ambiante	ambient temperature range	Type	BNC neg.
Abmessungen (mit Gehäuse)	dimensions (avec boîtier)	dimensions (with case)	V	220 (110)±20%
Gewicht	pooids	weight	Hz/VA	50±60/5
			°C	0±50
			mm	74x145x210
			kg	2,1

*M.U. = mechanische Einheit (z.B.: at, kg, g) *M.U. = unité mécanique (p.ex.: bar, kgf, g) *M.U. = mechanical unit (e.g.: psi, lb, g)

**Bei Eingangskabeln bis zu 15 m (C = 1000 pF), unabhängig vom Bereich; für längere Kabel siehe Betriebsanleitung.

**Avec câbles d'entrée jusqu'à 15 m (C = 1000 pF), indépendant de la gamme; pour câbles plus longs, voir notice d'emploi.

**With input cables up to 15 m (C = 1000 pF), independent of range; for longer cables, see operating manual.



BEDIENUNG

Auf einfache Bedienung wurde grösster Wert gelegt: Am Verstärker wird die Empfindlichkeit des verwendeten Messwertaufnehmers gemäss Eichblatt eingestellt und der Messbereich (mechanische Einheiten: at, kp, g, etc.) gewählt. Wird das Registriergerät auf 1 V/cm eingestellt, gilt die Bereichsangabe (mech. Einh./V) gleichzeitig als Massstab für das Oszillogramm (mech. Einh./cm; z.B. 20 at/cm).

BESCHREIBUNG

Der Ladungsverstärker 5001 besteht aus einem Gleichstromverstärker G hoher Eingangsimpedanz mit kapazitiver Gegenkopplung Cg, der die vom Messwertaufnehmer MA gelieferte elektrische Ladung Q proportional in eine Spannung Ug umwandelt, gefolgt von einem Operationsverstärker O mit einstellbarer Widerstands-Gegenkopplung P, durch welche die Verstärkung an die Aufnehmer-Empfindlichkeit angepasst wird. Der extrem hohe Eingangswiderstand von $10^{14}\Omega$ wird durch einen Doppel-MOSFET in der Eingangsstufe erreicht (Durchbruchspannung 125 V).

Dank der hohen inneren Verstärkung von ($>50'000$) und der kapazitiven Gegenkopplung bleibt die Eingangsspannung Ue praktisch auf 0; die Ladung Q fliesst scheinbar direkt auf den Gegenkopplungs- (Bereichs-) Kondensator Cg. Durch Parallelschaltung eines Hochohmwiderstandes Rg wird eine Entladezeitkonstante erzeugt und dadurch Drift vermieden. Rückstellung (Reset) des Verstärkers erfolgt durch Kurzschliessen des Bereichskondensators; Fernbedienung ist möglich.

EINSTECKFILTER

Je nach Notwendigkeit kann auf der Frontplatte ein Filter F (Tiefpass zur Dämpfung hochfrequenter Störsignale oder Spezialfilter, z.B. zur Frequenzgangkorrektur für einen bestimmten Aufnehmer), eingesteckt werden. Das mitgelieferte Standardfilter (LC) hat 180 kHz Grenzfrequenz. Andere Filter gemäss Datenblatt 12.011.

ANWENDUNG

Der Ladungsverstärker 5001 kann für alle piezo-elektrischen Aufnehmer verwendet werden. Er kann sowohl hochohmige Geräte (z.B. Oszilloskope bis max. 10V, Ausgang A1), als auch niederohmige Geräte (z.B. UV-Schreiber bis max. 50mA, Ausg. A2) ansteuern. Bei gleichzeitigem Anschluss mehrerer Aufnehmer (Parallelschaltung) werden die elektrischen Ladungen (pC) addiert bzw. subtrahiert, je nach ihrer Polarität. Es ist möglich und üblich, für Kontrollzwecke ein Ladungseichgerät zusätzlich anzuschliessen.

ZUBEHOER

Zubehör für den Aufbau einer piezo-elektrischen Messanlage: Siehe Prospekt 2.005d. Bis zu 6 Verstärker können in einen Rack-Rahmen 560R6 (19" Rack, 5 1/4" hoch) eingebaut werden.

UTILISATION

L'utilisation du 5001 est extrêmement simple: l'ampli est réglé à la sensibilité du capteur selon sa fiche d'étalonnage et la gamme de mesure est sélectionnée (en unités mécaniques: bar, kgf, g, etc.). Si l'appareil enregistreur est réglé à 1 V/cm, la gamme de l'amplificateur (en unités mécaniques par Volt) représente directement l'échelle de l'oscillogramme, p.ex. 20 bar/cm.

DESCRIPTION

L'amplificateur de charge 5001 est composé d'un amplificateur à courant continu G à haute impédance d'entrée et à contre-réaction capacitive Cg qui transforme la charge électrique Q, fourni par le capteur MA, en tension proportionnelle Ug. Cet amplificateur est suivi d'un amplificateur opérationnel O à contre-réaction variable P qui permet de adapter l'amplification à la sensibilité du capteur. La résistance très élevée à l'entrée ($10^{14}\Omega$) est obtenue par un MOSFET différentiel qui résiste à des pointes de tension de 125V.

Grâce à l'amplification interne très élevée ($>50'000$) et à la contre-réaction capacitive, la tension d'entrée Ue reste pratiquement à 0 et la charge Q se retrouve dans la capacité de contre-réaction (capacité de gamme) Cg. La mise en parallèle de la résistance Rg réduit la constante de temps, ce qui élimine la dérive. La remise à zéro (Reset) de l'amplificateur est effectuée en court-circuitant la capacité de gamme. Cette opération peut être faite à distance.

FILTRES ENFICHABLES

Suivant les besoins, un filtre F peut être enfilé dans la partie frontale (passe-bas pour éliminer les signaux perturbateurs de haute fréquence ou filtres spéciaux, p.ex. pour corriger la résonance d'un capteur déterminé. Le filtre standard fourni avec l'amplificateur (LC) a une fréquence limite de 180kHz. Pour d'autres filtres voir notice No. 12.011.

APPLICATION

L'amplificateur de charge 5001 se combine avec tous les capteurs piézo-électriques. Il peut attaquer des enregistreurs à haute impédance d'entrée (p.ex. oscilloscope, max. 10V, sortie A1) ou à basse impédance (p.ex. enregistreur galvanométrique jusqu'à 50 mA, sortie A2). Si plusieurs capteurs sont connectés en parallèle, les charges électrostatiques sont additionnées ou soustraites suivant leur polarité. On peut, pour le contrôle du fonctionnement, connecter un étalonneur de charge.

ACCESSOIRES

Accessoires pour les installations de mesure piézo-électriques: voir notice 2.005f. On peut monter jusqu'à 6 amplificateurs dans un panneau adaptateur de rack 560R6 (rack 19", hauteur 5 1/4").

OPERATION

The 5001 is very easy-to-operate: it is adjusted to the transducer sensitivity according to its calibration sheet and the range is selected (in mechanical units: at, psi, kg, lb, g). If the recorder is set to 1 V/cm, the amplifier range (mechanical units/V) represents at the same time the scale for the oscillogram in mechanical units/cm, e.g. 20 psi/cm.

DESCRIPTION

The first part of the charge amplifier 5001 is a DC amplifier G with high input impedance and capacitive negative feed-back Cg that converts the electrostatic charge Q, supplied by the transducer MA, into a proportional voltage Ug. This amplifier is followed by an operational amplifier O with adjustable negative feed-back P that permits to adjust the amplification to the transducer sensitivity. The extremely high input resistance of $10^{14}\Omega$ is obtained by a dual MOSFET input stage that resists to an input voltage of 125V for short periods.

Owing to the high open-loop gain ($>50'000$) and the capacitive feed-back, the input voltage Ue remains practically at zero. The charge Q seems to flow directly into the feed-back (range) capacitor Cg. By shunting this with a resistance Rg, the time constant is reduced and drift eliminated. The amplifier is reset by short circuiting the range capacitor locally or by remote control.

PLUG-IN FILTERS

According to the measuring requirements a filter F (low-pass for attenuating high frequency noise or special filters, e.g. for correcting the frequency response of a given transducer), may be plugged in. The standard filter, as delivered with each amplifier has 180 kHz cutoff frequency (LC). Other filters see datasheet 12.011.

APPLICATION

Each amplifier 5001 can be combined with all piezo-electric transducers. Indicating equipment of high input impedance (e.g. oscilloscopes, max. 10V, output A1) and low impedance recording devices (for instance UV recorders, max. 50 mA, output A2) can be connected.

When several transducers are connected in parallel, the electrostatic charge signals are added or subtracted depending on their polarity. For control purposes a charge calibrator can be connected.

ACCESSORIES

Information on accessories for piezo-electric measuring installations are given in the leaflet 2.005e.

Up to 6 amplifiers can be mounted in a rack panel adaptor 560R6 (19" rack, 5 1/4" high).

2.3.2. Procédure de réglage

Réglage de la sensibilité

La sensibilité exacte du dynamomètre est de **1,95 pC/N** pour l'effort axial F_z , et de **1,61 pC/N.cm** pour le moment M_z .

Sur chacun des amplificateurs (effort et couple), afficher la sensibilité correspondante sur le potentiomètre 10 tours A, puis placer le sélecteur de gamme B sur 1..11 sur les deux amplificateurs.

Réglage des échelles

Au cours du TP, l'effort axial est inférieur à 2 kN et le couple est inférieur à 1 kN.cm (ou 10 N.m). En conséquence les réglages à effectuer par les potentiomètres C sont :

[au 20/03/22] 500 unités (N) / Volt sur l'amplificateur du signal d'effort,

[au 20/03/22] 2 unités (N.m) / volt sur l'amplificateur du signal de couple.

Nota : Les tensions maximales d'entrée de la carte d'acquisition NI-USB-6000 sont de 10 Volts.

Mise en route et fonctionnement

La mise en ou hors tension se fait par le bouton D. Avant chaque mesure le bouton levier E (RESET) doit être actionné (REMOTE) et replacé en position OPERATE.

En cas de surcharge du système, la *del F* clignote (elle reste allumée de manière permanente si tout va bien). Il faut alors décharger le système par le levier E (reset).

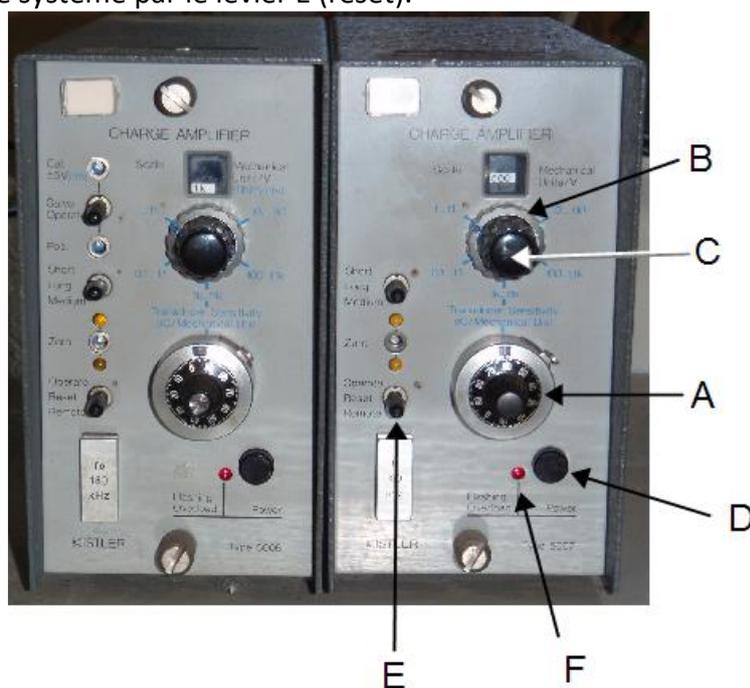


Figure 2.1 : Repérage des potentiomètres en face avant des amplificateurs.

Le réglage du zéro est effectué par vissage ou dévissage de la vis de la face avant avec un petit tournevis. Les deux *del* jaunes doivent être éteintes pour que le zéro soit centré. L'amplificateur du signal de force est défectueux et une diode reste allumée en permanence, ce qui n'empêche pas le bon fonctionnement de la mesure. Le réglage du zéro est à effectuer par l'enseignant entre une fois par mois et une fois par semaine.

2.4. Carte d'acquisition NI-USB-6000

La carte d'acquisition utilisée pour ce TP présente 8 entrées et 4 sorties. L'entrée 0 sera connectée à l'amplificateur du signal de force F et l'entrée 1 à celui du signal de couple. Les entrées sont limitées à +-10Volts.

Le paramétrage de la carte d'acquisition est réalisé par le biais d'un programme Matlab[®].

2.5. Système d'acquisition

Mettre en route le PC

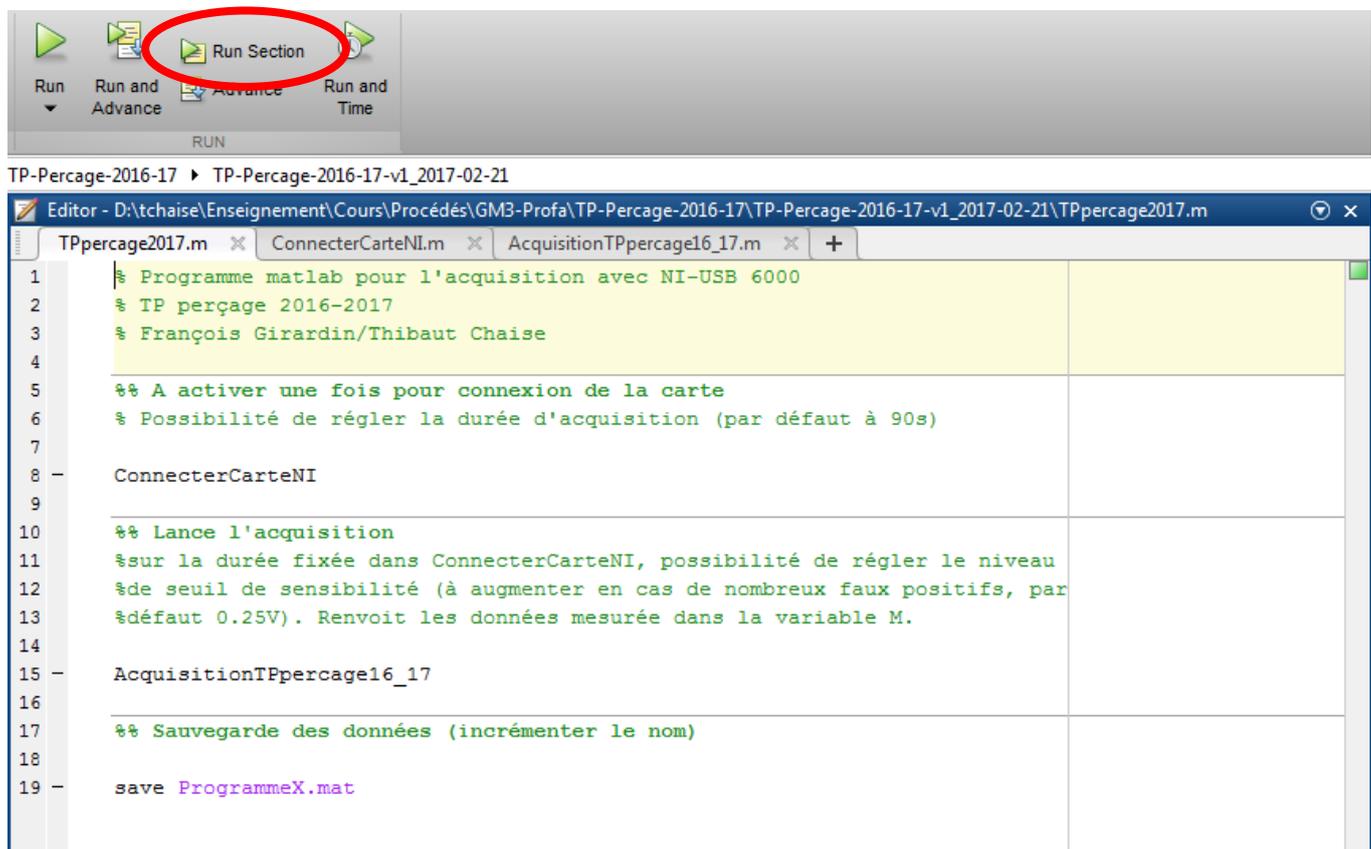
Récupérez les fichiers d'utilisation de la carte NI pour le TP. Ils sont au nombre de trois :

- TPpercentage2017
- ConnecterCarteNI
- AcquisitionTPpercentage16_17

TPpercentage2017

Ce programme est un programme *chapeau* reprenant les deux programmes suivants. Il permet de lancer chaque programme en positionnant le curseur dans la partie correspondante (surbrillance en jaune) et en cliquant *Run Section*.

Une dernière section permet de sauvegarder les données afin d'y revenir plus tard.



Lancer le programme ConnecterCarteNI

Ce programme sert à détecter la carte d'acquisition que vous aurez préalablement connectée à l'ordinateur. Il définit les deux voies d'acquisition (`[0 ; 1]`), la fréquence d'échantillonnage (40Hz) et la durée d'acquisition (par défaut 90s). Il n'est a priori pas nécessaire d'ouvrir ce programme, le résumé de la session s'affichant dans la fenêtre principale de Matlab en fin d'exécution.

```
%% Définition des paramètres d'acquisition

% Ouvrir une session d'acquisition sur carte NI
daq.getDevices;
session=daq.createSession('ni');
```

```

% Déclarer les deux voies de mesure utilisées
session.addAnalogInputChannel('Dev1',[0 1],'Voltage');

%% Imposer une fréquence d'échantillonnage (Hz)
session.Rate=40;

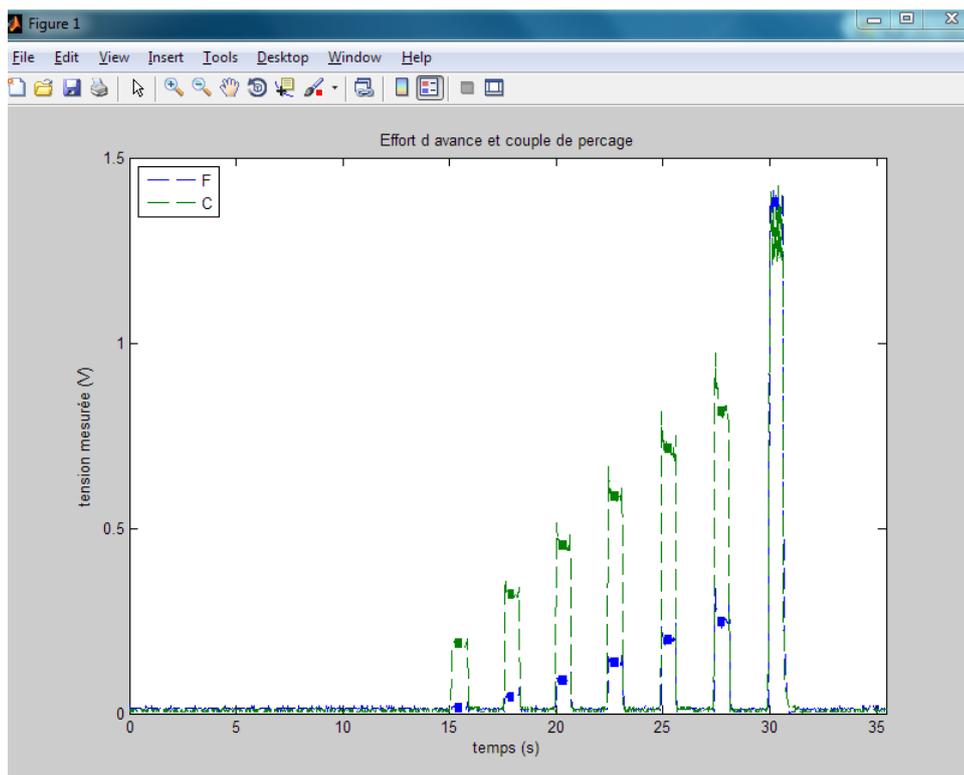
% Imposer la durée de l'acquisition (s)
session.DurationInSeconds=90;
session

```

Lancer l'acquisition

L'acquisition se fait en exécutant la commande *AcquisitionTPpercage*. Il faut laisser l'acquisition se terminer (90s) sans tenter une quelconque manœuvre d'interruption. Toutes les données seraient alors perdues. Une fenêtre faisant défiler le signal en cours s'affiche pendant l'enregistrement, puis le post-traitement s'exécute dans la foulée :

- détection des valeurs du signal de couple supérieures à 0,25V
- définition des parties centrales sur les pics d'efforts / de couple
- calcul des valeurs moyennes des parties centrales
- affichage des signaux de base et des valeurs moyennes calculées
 - o (graphe)
- affichage des instants et des valeurs moyennes calculées
 - o (matrice $M = [t(s) F(V) C(V) F_{max}(V) F_{min}(V) C_{max}(V) C_{min}(V)]$ – fenêtre principale Matlab)
 - o Les valeurs sont affichables dans la fenêtre Variables en double-cliquant sur M dans le workspace.



3. Annexe 3 : Outils utilisés

3.1. Foret avec coupe au centre (diamètre 10mm)

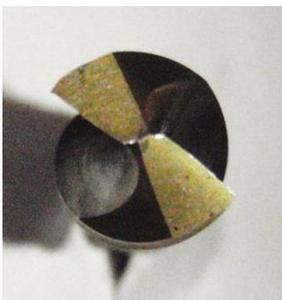
Référence : otelo / 10 017 100

Prix indicatif : 11€ ht

Caracteristiques	Conditions de coupe	Documents
Caractéristiques de ce produit :		
Foret à haute concentricité, revêtu TiN sur partie utile, pointe à 118° à 4 facettes du diamètre 1,0 mm à 2,9mm inclus		
Utilisation : ACIERS faiblement alliés, INOX		
TiN		
Les standards DORMER.		
Tous perçages courants, résistance supérieures aux forets HSS non-revêtus.		
Caractéristiques principales		
Marque	DORMER	
acier <80 daN/mm ²	0,07 - 0,10	
affutage pointe	en croix	
angle d'hélice(°)	30	
angle de pointe(°)	118	
diametre queue(mm)	10	
diametre(mm)	10	
direction de coupe	à droite	
longueur taillee(mm)	87	
longueur totale(mm)	133	
matiere	HSS	
nbre de dents	2	
norme	DIN 338	
revetement	TiN	
surface goujures	meule	
type de queue	cylindrique	
Autres caractéristiques		
forme goujures	N	
modèle	A002	
perçage	Perçage	
profondeur de perçage	4xd	
tolerance sur diametre de queue(mm)	0	

[Haut de page](#)

Caracteristiques	Conditions de coupe	Documents	
Conditions de coupe de ce produit :			
Matière à usiner	dureté	vitesse de coupe(m/min)	Avance par dents(mm)
Acier de construction / Acier de décolletage	aciers<50 daN/mm ²	35-45	0,07-0,1
Aciers au soufre / Aciers austénétiques	inox<85daN/mm	6-14	0,07-0,1
Aciers de cémentation / Aciers d'amélioration non alliés	aciers<80 daN/mm ²	26-34	0,07-0,1
Aluminium et ses alliages / Alliages d'aluminium malléables / Alliages d'aluminium d'inct. <10% Si	aluminium et alliages<10% silicium	28-48	0,14-0,18
Fontes / Fontes à graphite sphéroïdales / fonte vermiculaires	fontes	28-32	0,160-0,2
Laiton à copeaux courts / Laiton à copeaux longs	cuivre, laiton, bronzes	28-38	0,16-0,2



Foret utilisés pour les perçages de diamètre variable (prog. 1-3)

Marque : Nachi

Prix indicatif (ht) : 12€50 (D4) jusqu'à 32€00 (D9)

List 6568P G SHORT DRILLS

GSS



D ≤ 2,9 D > 3,0

JIS

HSS-E Co8

TiN



TiN coated short drills, suitable for high productive drilling.



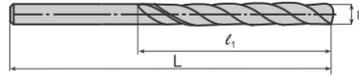
TiN-beschichteter kurzer Bohrer, der für Hochleistungsbohren geeignet ist.



Forets extra courts revêtu TiN pour perçage haute performance.



Broca corta recubierta de TiN adecuada para taladrado de alto rendimiento.



G SHORT DRILLS 6568P / G OIL-HOLE DRILLS (3 x D) 6558P

Work Material Material	Structural Steels Carbon Steels Baustähle, Kohlenstoffstähle SS, SC		Alloy Steels, Pre-Hardened Steels/Legierungsstähle, Vorgehärtete Stähle SCM, NAK, HPM		Mold Steels, Hardened Steels, Stainless Steels/Formstähle, Gehärtete Stähle, Rostfreie Edelmetalle SKD, SUS, (30-40HRC)		Cast Irons Gußeisen FC, FCD		Aluminum Alloys Nonferrous Metals Aluminiumlegierungen	
	Rotation Drehzahl min ⁻¹	Feed Vorschub mm/min	Rotation Drehzahl min ⁻¹	Feed Vorschub mm/min	Rotation Drehzahl min ⁻¹	Feed Vorschub mm/min	Rotation Drehzahl min ⁻¹	Feed Vorschub mm/min	Rotation Drehzahl min ⁻¹	Feed Vorschub mm/min
1	7200	220	5700	150	4300	100	7900	310	12000	480
2	4300	270	3400	180	2600	120	4700	370	7300	570
3	3200	350	2500	230	1900	160	3500	480	5400	740
5	1900	330	1500	220	1200	150	2100	450	3200	690
8	1200	280	960	190	720	130	1300	380	2000	590
10	960	250	760	170	570	110	1100	350	1600	530
12	800	240	640	160	480	110	880	330	1400	520
16	600	220	480	150	360	97	660	300	1000	460
20	480	190	380	130	290	88	530	270	810	410
25	380	160	310	110	230	75	420	230	650	350
32	300	130	240	90	180	57	330	170	510	270

1. In this table it is the value when it is lubricated fully with the vertical machine. In horizontal machine, use step process.
2. Adjust drilling condition when an unusual vibration, different sound occur by cutting.
3. When using low speed machines, use the maximum speed and adjust the feed rate.