

**UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
LABORATOIRE DE METHODES DE FABRICATION**

**COMMENTAIRES SUR LES ESSAIS D'EPROUVETTES CYLINDRIQUES
REALISES CHEZ RENAULT**

J.F. DEBONGNIE

Rapport LMF/D39 - Janvier 1996

1. Préparation

1.1. Bonne définition de l'axe de rotation

Le montage mixte utilisé est *hyperstatique*. Il comprend :

- un appui plan de la face gauche sur les trois mors;
- un centrage par ceux-ci, qui peut être long ou court. Dans la mesure où l'appui plan existe déjà, il vaut mieux que ce centrage soit court;
- un centrage d'extrémité par la contre-pointe.

Il importe que ces liaisons surabondantes soient *compatibles* sans quoi la pièce, relativement longue, fléchira inévitablement. Cela suppose :

- une perpendicularité très précise de la face d'appui avec l'axe du cylindre : leur usinage doit être *associé* (un seul montage);
- le perçage du trou du centre sur la pièce montée sur ces deux références.

1.2. Cylindricité du brut

Il convient que le brut soit aussi cylindrique que possible, pour éviter les variations parasites d'effort. A cette fin, on usinera le brut en évitant au maximum les forces passives, principales responsables de l'erreur de cylindricité. La technique classique consiste à utiliser *un outil français*, encore appelé *outil-couteau* c'est-à-dire présentant un angle de direction d'arrêt $K_r = 90^\circ$.

2. Sur les mors

2.1. Il est bien connu que les mors durs ne sont pas parfaitement concentriques. Une reprise en mors durs est donc problématique en termes de précision. Même en indexant la position de la pièce, on ne garantit pas que l'axe défini par les mors soit l'axe du tour. A notre sens, *les mors doux sont préférables*.

2.2. La réduction du diamètre de serrage diminue effectivement les forces centrifuges. Mais l'effort d'entraînement de la pièce est alors donné à un plus petit rayon, ce qui favorise le glissement, puisque le couple d'entraînement est une donnée du problème.

2.3. Les mors que j'ai pu observer dans votre laboratoire sont extrêmement "sortis" du mandrin, c'est-à-dire que les surfaces de serrage sont situées très à l'extérieur de celui-ci. Il en résulte, lors du serrage, une ouverture des mors en cône qui détériore la conformité entre les mors et la pièce. Cet effet est amplifié par la force centrifuge lors de la rotation, car les mors sont tenus par derrière (la force de serrage et la force centrifuge se composent en un moment d'ouverture angulaire). Cette disposition, de toute évidence motivée par l'instrumentation des mors, est sans doute responsable de la propension des mors à glisser.

3. Non-superposition des défauts

Votre texte fait plusieurs fois allusion à un principe selon lequel une pièce, préalablement affectée d'un défaut $u_o(x)$ et soumise à une opération provoquant un défaut $u_1(x)$, aurait finalement un défaut $u_{rés}(x) = u_o(x) + u_1(x)$. Ce principe est *inexact*.

Soit en effet $c(x)$ le coefficient d'influence en un point x (je raisonne dans le cas d'une composante de charge, mais il est aisé de généraliser). En l'absence de défaut initial, la force passive est de la forme

$$F_p = K a, \quad a = \text{engagement},$$

K dépendant de l'avance par tour. Le défaut engendré a donc pour équation

$$u_1(x) = C(x) K a.$$

Supposons à présent que la pièce soit affectée d'un défaut initial $u_o(x)$. Cela signifie que l'engagement réel est non plus a mais $a + u_o(x)$. Dès lors, le défaut résultant est donné par

$$u_{rés}(x) = C(x) K [a + u_o(x)].$$

On a donc

$$u_{rés}(x) = u_1(x) \left[1 + \frac{u_o(x)}{a} \right] \neq u_1(x) + u_o(x).$$

Dans la mesure où le défaut initial a été produit par un processus de tournage analogue au processus étudié, on a encore

$$u_o(x) = c(x) K' a.$$

Il a donc la même forme, et les maxima et minima de u_1 et u_o se situent aux mêmes cotes axiales. Dès lors, la mesure du défaut résultant est

$$\begin{aligned} d_{rés} &= \sup u_{rés} - \inf u_{rés} \\ &= \sup u_1 \left[1 + \frac{\sup u_o}{a} \right] - \inf u_1 \left[1 + \frac{\inf u_o}{a} \right] \end{aligned}$$

Comme u_o et u_1 sont positifs et nuls à l'encastrement,

$$d_{rés} = \sup u_1 \left[1 + \frac{\sup u_o}{a} \right] = d_1 \left[1 + \frac{d_o}{a} \right]$$

ce qui permet de calculer d_1 par

$$d_1 = \frac{d_{rés}}{1 + \frac{d_o}{a}}$$

Le terme $\frac{d_o}{a}$ est d'autant plus petit que l'engagement est grand devant le défaut initial. La correction indiquée ci-dessus est négligeable si $d_o \ll a$. Cependant, il me semble judicieux de *mesurer* le défaut initial pour s'en assurer. Ceci implique, bien entendu, l'utilisation de mors doux.

4. Dissymétrie des résultats

Les résultats produits montrent une dissymétrie des résultats en fonction de l'azimut. Celle-ci peut avoir diverses causes :

- a) *Montage déformant* : la pièce est fléchie par son montage. Voir 1.1.
- b) *Existence de contraintes résiduelles dissymétriques* : ceci peut se produire si la pièce a été redressée à froid.
- c) *Vibrations lors de l'usinage*, provoquant des lobes.
Ces trois points doivent être surveillés.
- d) *Face d'appui de la pièce non perpendiculaire à l'axe* : on mesure une tour de Pise.

5. Procédure de métrologie

5.1. *Position de la pièce*. La pièce est posée sur sa face d'extrémité. C'est classique, mais il faut être sûr que cette face est bien perpendiculaire à l'axe.

5.2. *Définition de l'axe*. Il faut savoir si l'on mesure une *cylindricité* ou un *battement*. Dans ce dernier cas, l'axe est pré-déterminé (2 trous de centrage, par exemple). Dans le cas de la *cylindricité*, le problème est beaucoup plus complexe : la norme NFE04-552 spécifie au § 2.6, Note :

"La forme d'un élément isolé est jugée correcte lorsque la distance de chacun de ses points à une surface géométrique idéale, en contact avec elle, est égale ou inférieure à la valeur de la tolérance donnée. L'orientation de la surface idéale doit être choisie de façon à ce que la distance du point le plus éloigné à cette surface idéale soit minimale".

Au § 5.4, Tolérance de cylindricité,

"La zone de tolérance est limitée par deux cylindres coaxiaux, distants de t "

C'est donc la forme même de la pièce qui définit l'axe de référence, généralement distinct de l'axe du tour. Il n'empêche qu'ainsi posé, le problème relève de l'approximation au sens de Tchébycheff dans l'espace ! J'aurais tendance à raisonner comme suit : les deux cylindres-enveloppes doivent toucher la pièce, le plus grand sur son plus grand cercle et le plus petit, sur son plus petit cercle. On ne connaît pas exactement l'orientation des plans de ces cercles, mais

elle ne doit pas trop différer de la perpendiculaire à l'axe théorique. Dès lors, je procéderaï comme suit :

- a) Enregistrement d'un certain nombre de cercles
- b) Pour chacun d'eux, détermination du meilleur centre, du rayon maximum R_{\max} , du rayon minimum R_{\min}
- c) Recherche du cercle ayant le plus grand R_{\max} : cercle 1
- d) Recherche du cercle ayant le plus petit R_{\min} : cercle 2
- e) L'axe de la pièce passe par le centre du cercle 1 et celui du cercle 2.

Note : le meilleur centre d'un cercle approché est tel que le rayon R_{\max} est atteint deux fois, le rayon R_{\min} deux fois également, dans l'ordre $R_{\max}, R_{\min}, R_{\max}, R_{\min}$.

A partir de là, on peut palper des génératrices si on le désire.

En ce qui concerne la rectitude des génératrices, les deux droites extrêmes doivent être telles que l'une d'entre elles touche le profil en deux points, et l'autre, en un point. La recherche des deux meilleures droites peut être menée comme suit :

- a) Construction de l'enveloppe convexe du profil. Comme l'amplification est forte, le profil se présente en zig-zag anguleux. L'enveloppe convexe est alors un polygone.
- b) Tout côté de l'enveloppe convexe est candidat pour être une des deux droites. Pour chaque côté n° i, on mesure la distance d_i du sommet le plus éloigné.
- c) Le bon côté est celui pour lequel d_i est minimale. Cette distance est l'erreur de rectitude.

6. Influence de l'état de surface

L'avance choisie (0,4 mm) mène à une forte rugosité. Pour un rayon de bec de 0,8 mm, on obtient une rugosité totale théorique

$$R_t = \frac{f^2}{8r_2} = \frac{0,4 \cdot 0,4}{8 \cdot 0,8} = 0,025 \text{ mm}$$

ce qui est loin d'être négligeable. Ceci entraîne un bruit de fond désagréable *qu'il faut filtrer*. Il est évident que ce filtrage modifie les résultats. La forme est donnée par l'enveloppe du profil.

* *
*