Broche multiplicatrice

Objectif

- Déterminer le rapport de transmission de la broche multiplicatrice.
- Déterminer la pression de contact billes/bagues permettant d'engendrer une action mécanique suffisante pour transmettre la puissance motrice, sans toutefois dépasser les pressions de contact maximales que peuvent supporter les matériaux.
- Etudier le rendement de la broche multiplicatrice de vitesse.

1 Présentation

Lorsque l'on réalise un usinage, la qualité de la surface obtenue dépend notamment de la vitesse relative d'un point de contact entre la pièce et l'outil. Ce paramètre, appelé vitesse de coupe, est fonction du matériau usiné et de la qualité souhaitée. Par exemple, dans une opération de perçage, c'est la vitesse de rotation du foret qui détermine cette vitesse (la pièce étant fixe). Dans ces conditions, et à matériau égal, plus le diamètre du foret est petit plus la vitesse de rotation devra être élevée afin de maintenir la vitesse de coupe.

La plupart des perceuses traditionnelles possèdent un nombre limité de vitesses et ne peuvent pas maintenir la vitesse de coupe pour des petits diamètres. On peut alors interposer entre le mandrin (partie tournante reliée au moteur) et l'outil une broche multiplicatrice dont la fonction est d'augmenter la vitesse de rotation de l'outil.

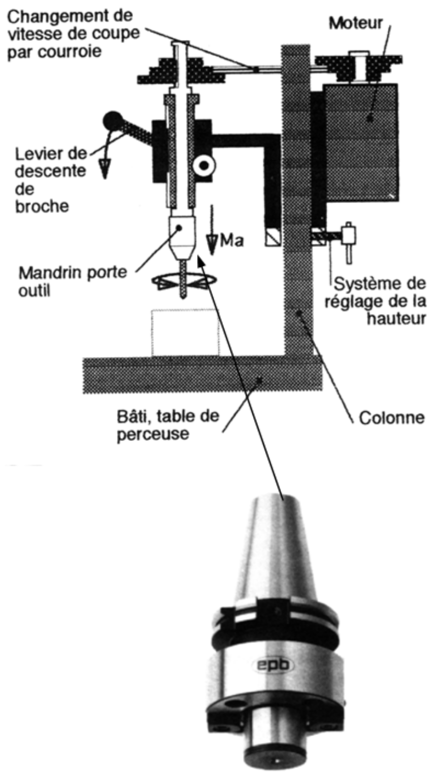

FIGURE 1 – Broche multiplicatrice

2 Modélisation

Les annexes 1 et 2 représentent respectivement le dessin d'ensemble et le schéma cinématique de la broche multiplicatrice que l'on se propose d'étudier.

Notons $\mathscr{R}_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ un repère galiléen lié au corps (0) de la broche. Les arbres (1) et (2) ont une liaison pivot sans frottement d'axe $(O, \vec{y}_0)$ avec le corps (0).

Notons $\mathscr{R}(O, \vec{x}, \vec{y}_0, \vec{z})$ un repère lié à l'arbre moteur (1). On pose : $\theta(t) = (\vec{z}_0, \vec{z})$ avec $\dot{\theta}(t) = \omega_1 = \text{cte}$ ($\omega_1 \in \mathbb{R}^+$).

L'arbre (1) entraîne en rotation trois sphères (3), homogènes, de masse m, de rayon a, disposées à 120° les unes des autres. Le centre O_1 de la sphère (3) décrit un cercle de centre O et de rayon r avec $\overrightarrow{OO_1} = r\vec{x}$.

La sphère (3) roule sans glisser aux points B et C sur deux bagues coniques (4) et (5) liées au corps (0), et communique son mouvement à l'arbre récepteur (2) en roulant sans glisser aux points A et D sur celui-ci. On pose : $\overrightarrow{\Omega}(2/0) = \omega_2 \vec{y}_0$.

Les points A, B, C, D sont les quatre sommets d'un rectangle, comme indiqué sur la figure. Notons : $(\vec{x}, \overrightarrow{DB}) = (\overrightarrow{AC}, \vec{x}) = \alpha$.

L'arbre (1) est en contact avec (3) au point I tel que $\overrightarrow{O_1I} = a\vec{z}$.

Notons f le coefficient de frottement aux points A, B, C, D et I entre les différentes pièces en contact. On définit l'action mécanique de l'arbre (2) sur la sphère (3) au niveau du point A, par le torseur :

$$\{\mathcal{T}_A(2 \to 3)\} = \left\{ \begin{array}{c} N_A\vec{n} + T_A\vec{z} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_A$$

$\vec{n}$: vecteur unitaire dirigé du point A vers le centre 0_1 de la sphère (3) (alors $N_A > 0$).

Les autres torseurs d'action mécanique sur (3) aux points B, C, D et I, sont définis d'une façon analogue.

L'action mécanique de la pesanteur étant négligée, on suppose que les composantes normales en B et C sont égales, ainsi que les composantes tangentielles ($N_B = N_C$ et $T_B = T_C$).

On donne : $\omega_1 = 157{,}08$ rad·s–1 ; $r = 48$ mm ; $a = 32{,}5$ mm ; $\alpha = 14°$; $f = 0{,}12$; $m = 1{,}121$ kg ; $P_{mot} = 750$ W.

3 Travail demandé

Q1. Déterminer au point O_l le torseur cinématique du mouvement de la sphère (3) par rapport au repère $\mathcal{R}_0$.

Q2. Déterminer le rapport de multiplication de la broche : ω_2/ω_1.

Q3. Déterminer le vecteur vitesse de glissement au point I de la sphère (3) par rapport à l'arbre moteur (1) : $\overrightarrow{V}(I \in 3/1)$.

Q4. Déterminer au point O_1 le torseur dynamique de la sphère (3) dans son mouvement par rapport au repère $\mathcal{R}_0$.

Q5. Ecrire les équations scalaires déduites du principe fondamental de la dynamique appliqué à la sphère (3) dans son mouvement par rapport au repère $\mathcal{R}_0$, en projection sur $(\vec{x}, \vec{y}_0, \vec{z})$. (Le théorème du moment dynamique sera écrit au point O_1)

Q6. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'arbre d'entrée, déterminer la composante normale N_I de la résultante générale du torseur d'action mécanique de (1) sur (3).

Q7. Déterminer les composantes tangentielles T_A et T_B des résultantes générales des torseurs d'action mécanique de (2) sur (3) et (4) sur (3) respectivement.

Q8. Déterminer la valeur minimale de N_B pour qu'il y ait roulement sans glissement aux points A, B, C, D entre les solides en contact.

Q9. La puissance perdue par frottement au contact de la sphère (3) et de l'arbre moteur (1) est : $P_f = T_I\vec{x} \cdot \overrightarrow{V}(I \in 3/1)$. Déterminer alors le rendement du mécanisme : $\eta = \dfrac{P_{mot} - 3|P_f|}{P_{mot}}$

4 Annexes

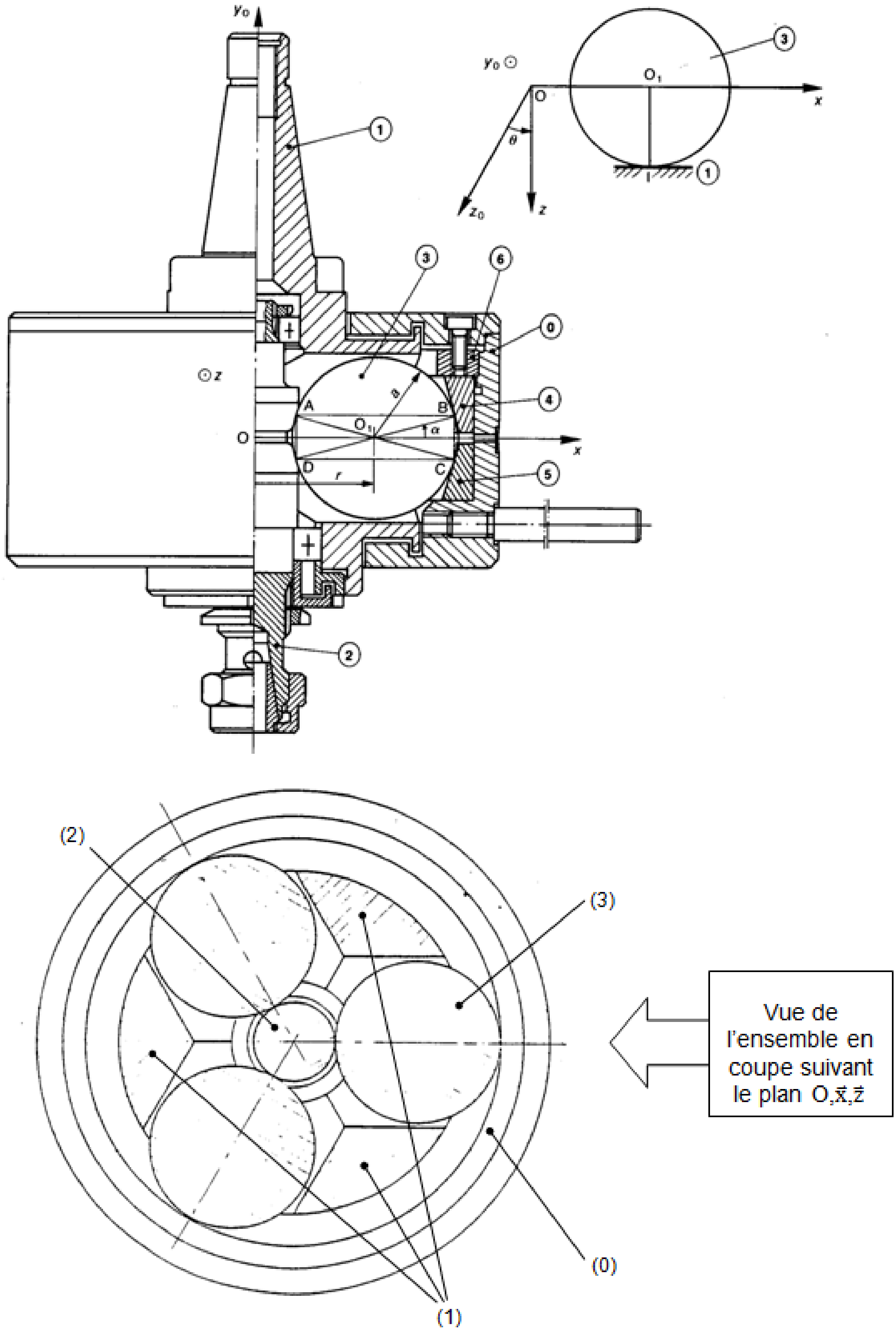

FIGURE 1 – dessin d'ensemble de la broche multiplicatrice

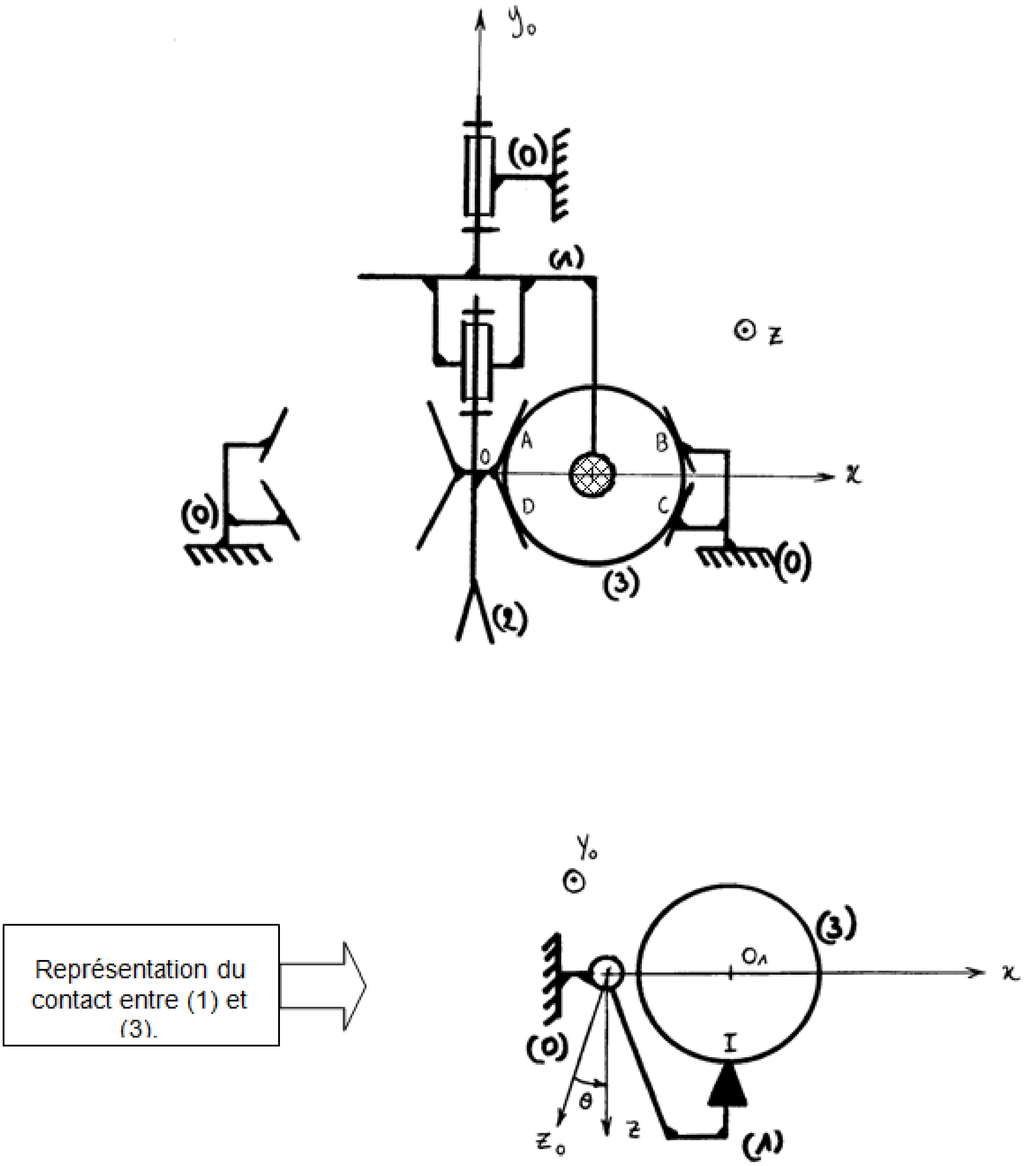

FIGURE 2 – schéma cinématique de la broche multiplicatrice