

### MICRO-FRAISAGE PAR ELECTRO-EROSION (CCINP 2018)

L'électro-érosion est un procédé d'usinage consistant à enlever de la matière par l'intermédiaire de décharges électriques entre deux électrodes immergées dans un fluide diélectrique (liquide ou gaz). L'une des électrodes constitue l'outil et l'autre la pièce à usiner. La distance entre ces deux électrodes est appelée entrefer ou gap. L'effet des décharges électriques est le creusement de la pièce (et de l'usure de l'outil) par création d'un micro-plasma suivi de l'expulsion dans l'entrefer de débris provenant des deux électrodes. Le renouvellement du diélectrique dans l'entrefer et le rapprochement de l'outil et de la pièce permettent de redéfinir les conditions autorisant les nouvelles décharges. Par un mouvement relatif de l'outil par rapport à la pièce, il est ainsi possible d'usiner progressivement la pièce tout en limitant l'usure de l'outil. On dénombre trois principaux procédés d'électro-érosion dont la représentation est donnée dans la figure 1 :

1. l'électro-érosion par enfonçage consistant à déplacer verticalement l'électrode normalement à la surface à usiner (figure 1a). On retire donc le négatif de la forme de l'électrode au gap près ;
2. l'électro-érosion à fil fin (figure 1b), qui consiste à contourner, perpendiculairement à la surface (ou en inclinant légèrement le fil), le profil d'une pièce en déroulant un fil conducteur qui joue le rôle d'électrode ;
3. le fraisage par électro-érosion utilisé pour réaliser des formes par contournage ou des trous par enfonçage à l'aide d'électrodes cylindriques ou de formes. Cette technique est plutôt utilisée en micromécanique sous l'appellation de microfraisage ( $\mu$ -EDM : Micro Electro-Discharge Machining) pour la réalisation de formes géométriques et l'utilisation d'électrodes de dimensions inférieures au millimètre (figure 1c).

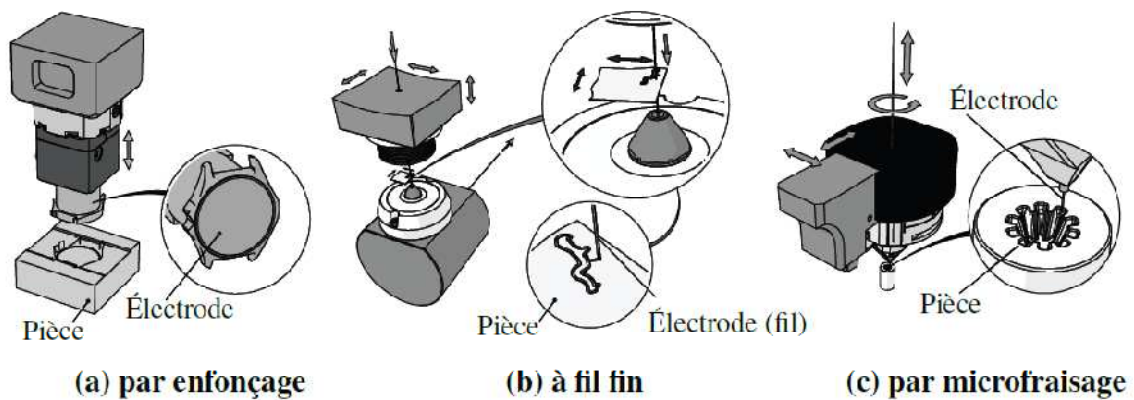


Figure 1

Le déroulement du fil doit s'effectuer dans un plan fixe. Or, l'utilisation de bobines de fil implique qu'il est nécessaire de déplacer le système de débobinage/bobinage, que l'on appellera par la suite système DBB, perpendiculairement à ce plan afin d'éviter des efforts parasites sur le fil susceptibles d'engendrer des casses. Pour cela, ce mouvement est assuré par un système pignon-crémaillère à denture droite motorisé tel que représenté dans la figure 2. Le moteur est relié à un réducteur épicycloïdal lui-même en liaison avec le pignon qui assure le déplacement du système DBB par l'intermédiaire de la crémaillère.

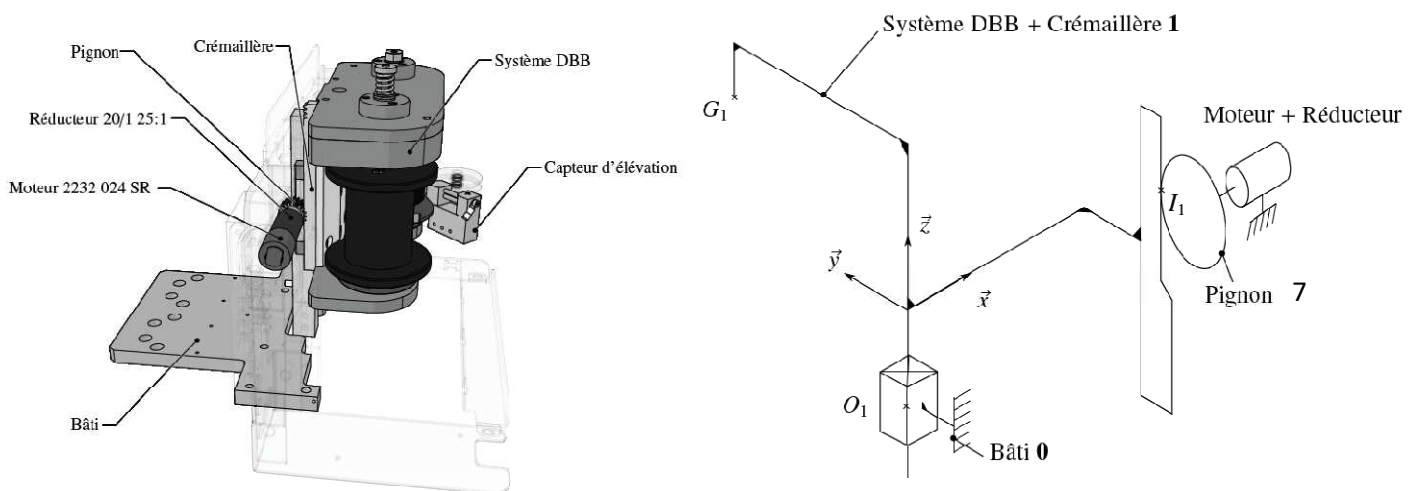
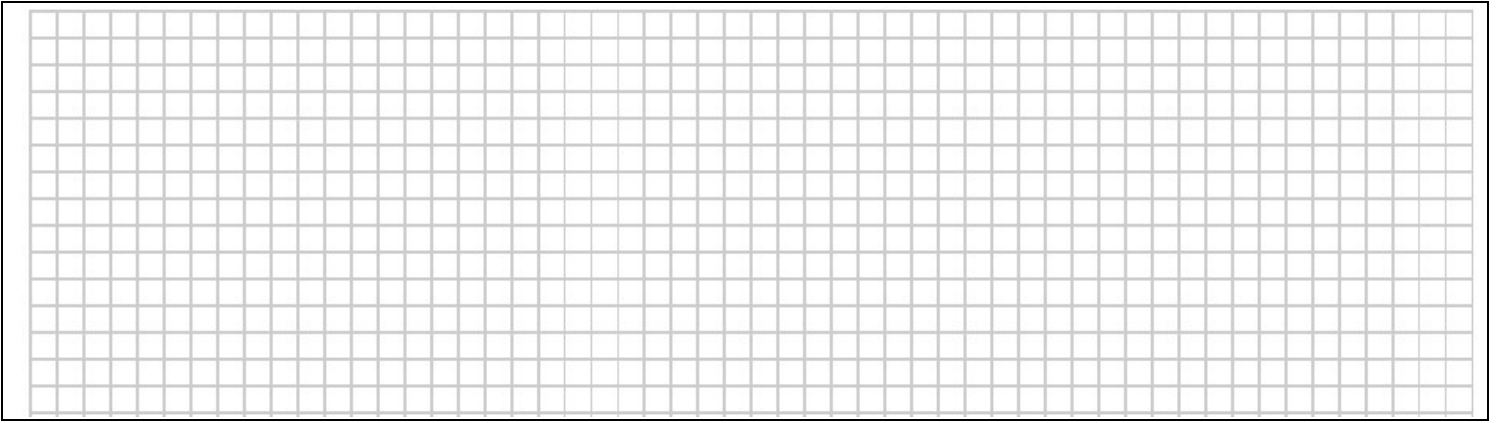


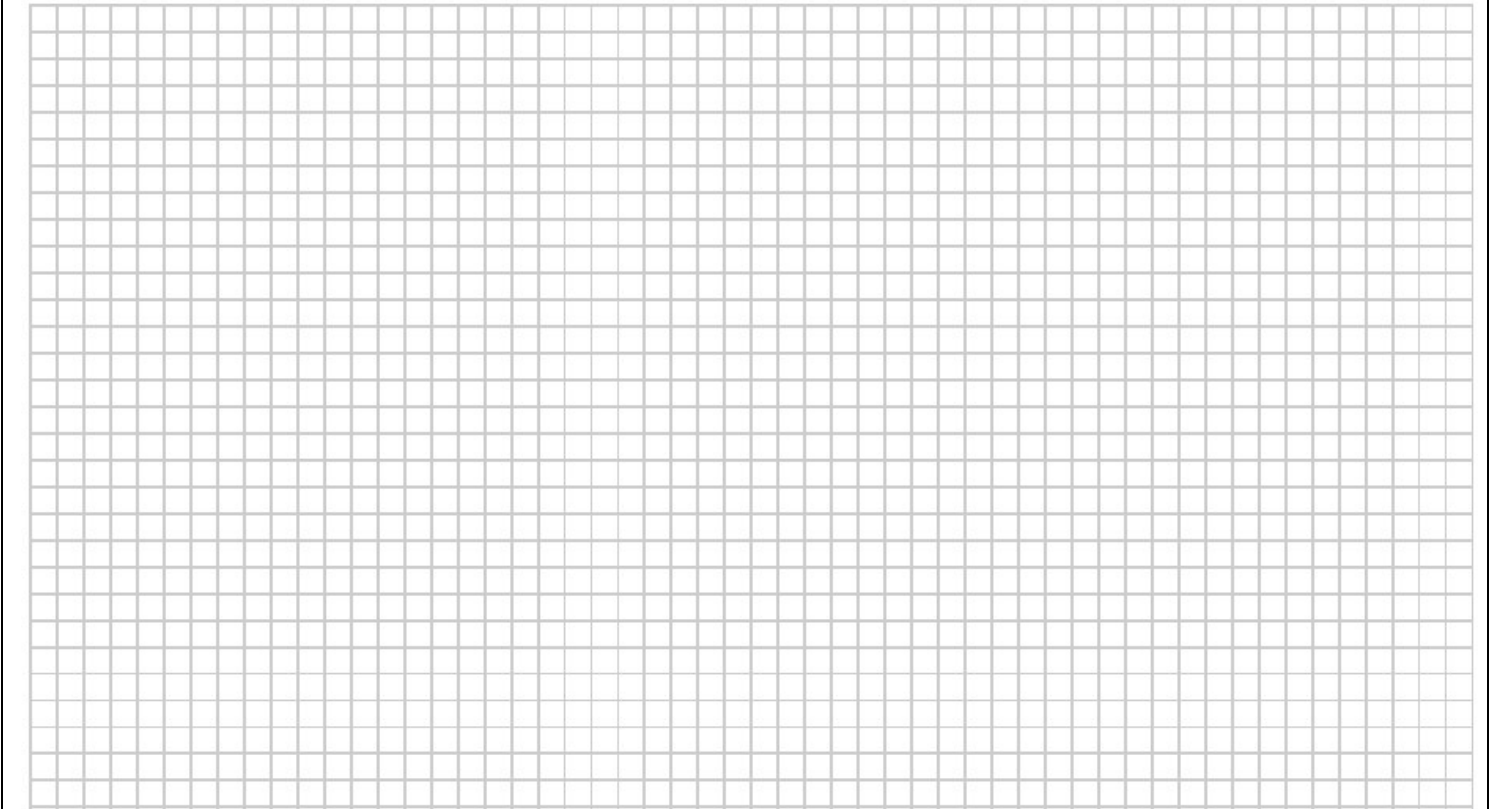
Figure 2

Pour vérifier le dimensionnement du pignon 7, on considère qu'une dent est modélisée par une poutre de longueur  $h = 2.m$ , d'épaisseur  $= m/2$  et de largeur  $b = k_1.m$  où  $m$  est le module et  $k_1$  le coefficient de qualité (figure 3a et figure 3b de la page 2). On

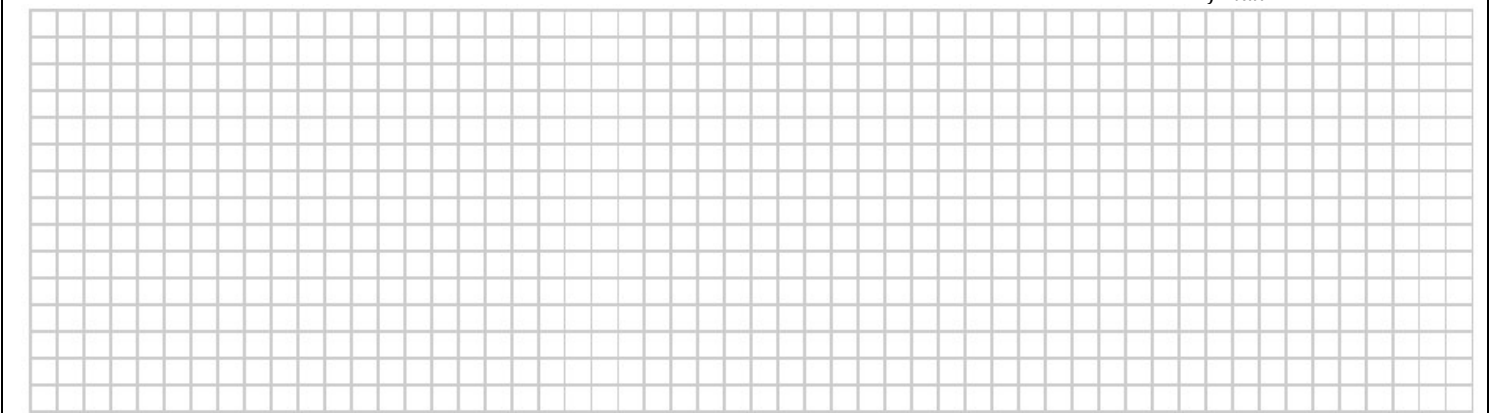




**Q4.** Tracer le diagramme des efforts et des moments résultants.



**Q5.** En déduire le lieu où la dent est la plus sollicitée et déterminer le moment de flexion maximal  $M_{fmax}$ .

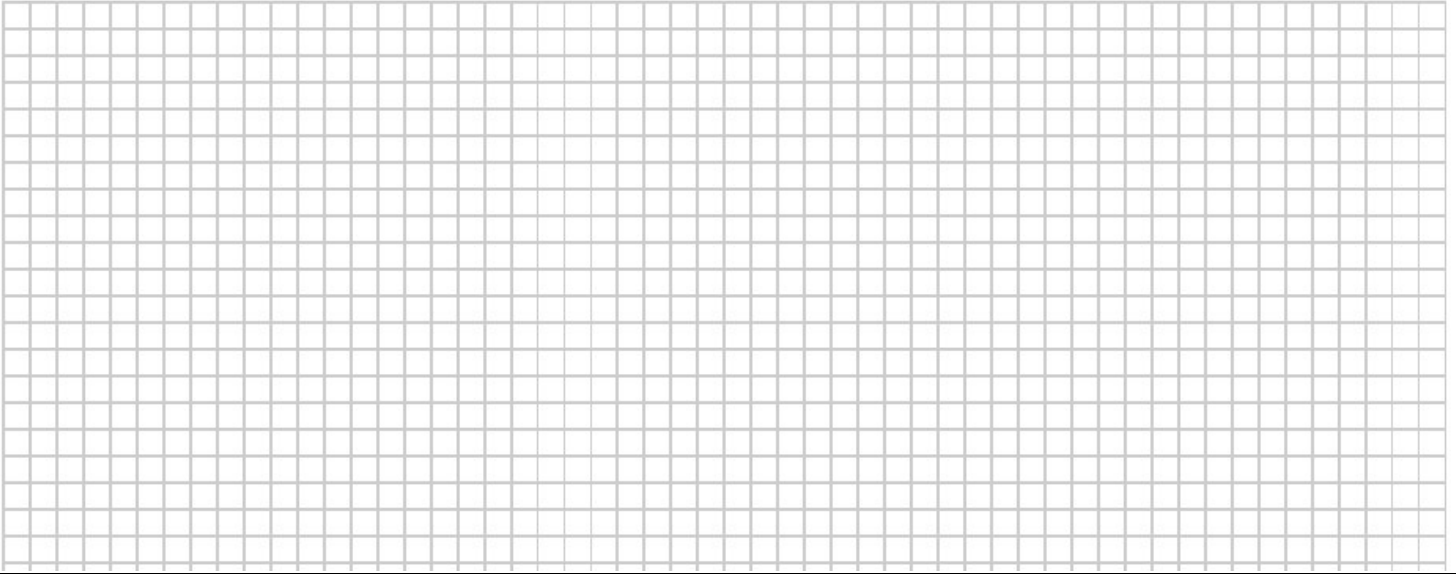


On rappelle que l'expression de la contrainte normale  $\sigma_{xx}$  dans le cas présent est donnée par la relation :  $\sigma_{xx} = \frac{M_f(x)}{I_{Gz}} y$ .

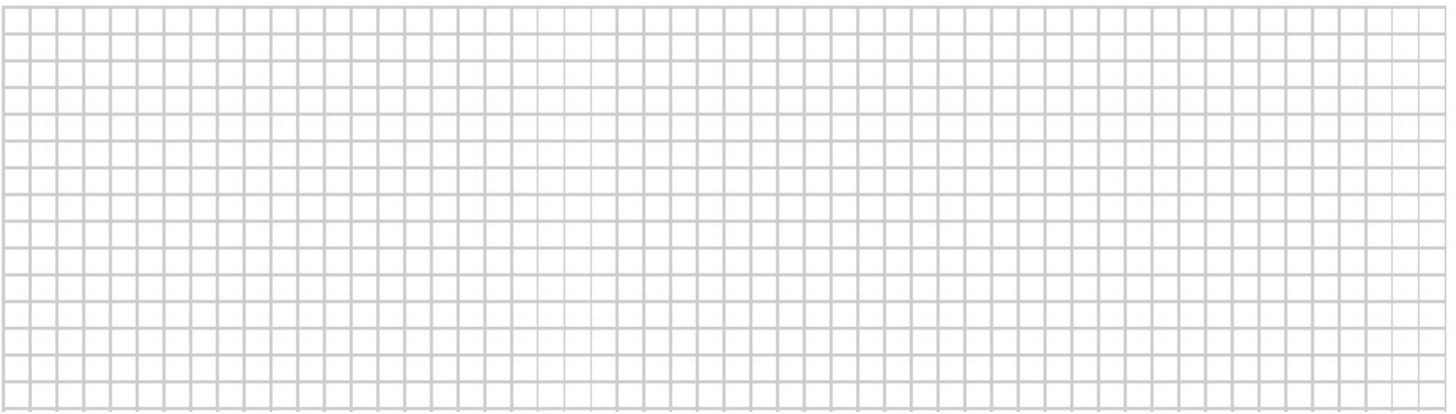
Avec  $I_{Gz}$  le moment quadratique de la section droite et  $y$  la position dans l'épaisseur de la poutre. On rappelle également que dans le cas d'une section rectangulaire d'épaisseur  $e$  et de largeur  $b$ , le moment quadratique  $I_{Gz}$  est donné par

l'expression :  $I_{Gz} = \frac{be^3}{12}$ .

**Q6.** Déterminer la position dans l'épaisseur  $y_{\max}$  pour laquelle la contrainte normale  $\sigma_{xx}$  est maximale. À partir des expressions de  $M_{f\max}$  et  $y_{\max}$ , en déduire l'expression de la contrainte normale maximale  $\sigma_{xx\max}$  en fonction de  $m$ , de  $k_1$  et de  $T_{pc}$ .



**Q7.** Sachant que la limite pratique à la traction du matériau constitutif du pignon est notée  $R_{pe}$  et qu'un coefficient de sécurité  $s$  est appliqué, déterminer l'expression analytique du module  $m$  en fonction de  $T_{pc}$ ,  $k_1$ ,  $s = 3$  et  $R_{pe} = 150$  MPa. En déduire la valeur minimale du module admissible.

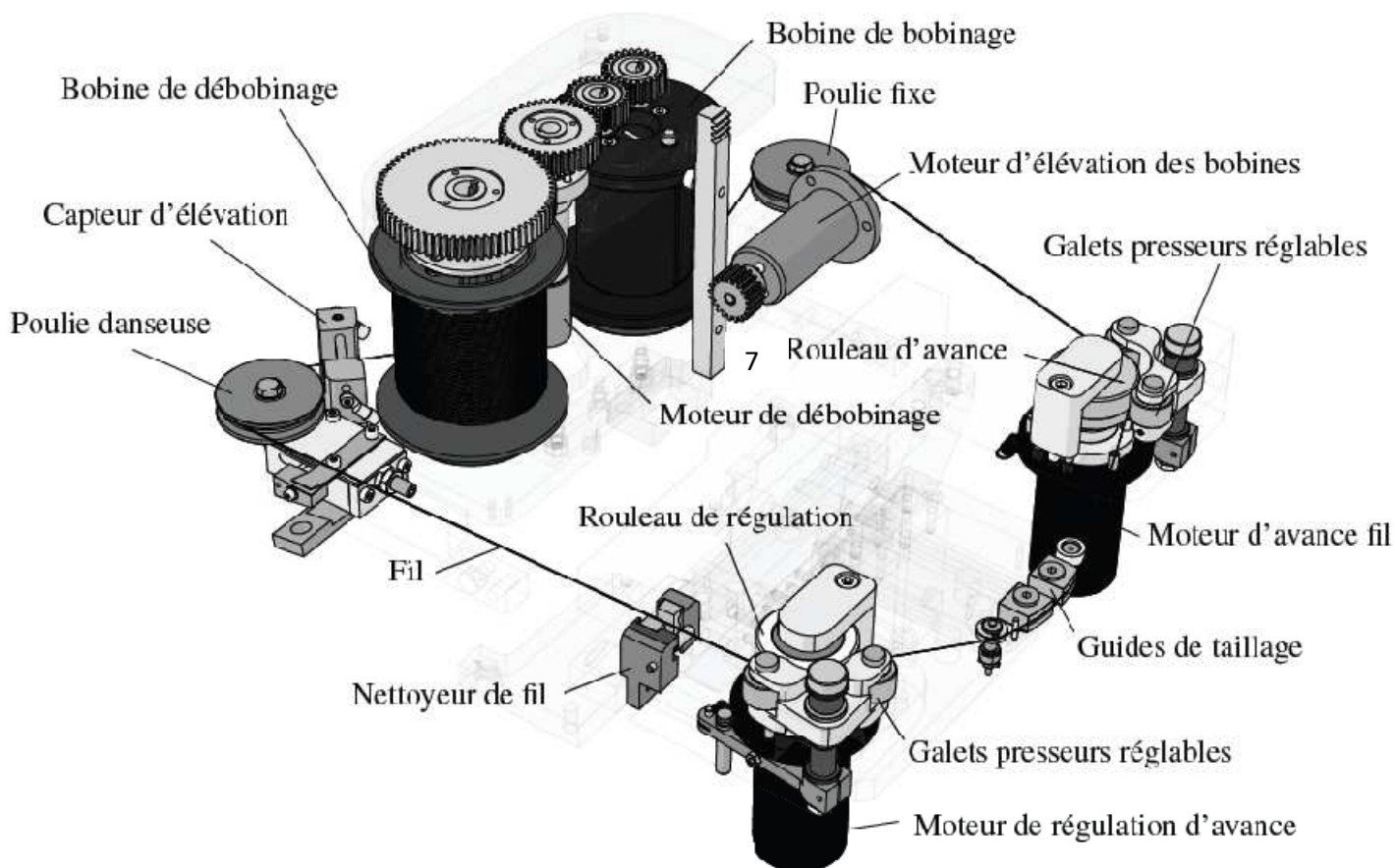


Le constructeur donne en annexe le descriptif de la machine d'électro-érosion ARIANNE.

**Q8.** Le pignon 7 est-il correctement dimensionné?



## ANNEXE



Unité d'électro-érosion par fil ARIANNE

Composant(s)	Nb de dents	Module	Moment d'inertie
Moteur	–	–	$I_m = 3,8 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Planétaire 1	$Z_1 = 18$ dents	$m = 0,25 \text{ mm}$	$I_1 = 5,24 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Satellites 2 et 5	$Z_2 = Z_5 = 27$ dents	$m = 0,25 \text{ mm}$	$I_2 = 3,193 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Couronne 3	$Z_3 = 72$ dents	$m = 0,25 \text{ mm}$	$I_3 = 4,38 \times 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Porte-satellites 4	$Z_4 = 18$ dents	$m = 0,25 \text{ mm}$	$I_4 = 4,724 \times 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Porte-satellites 6	Pas de roue	Pas de roue	$I_6 = 5,873 \times 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Pignon 7	$Z_7 = 20$ dents	$m = 1 \text{ mm}$	$I_7 = 1,443 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

## Caractéristiques des composants