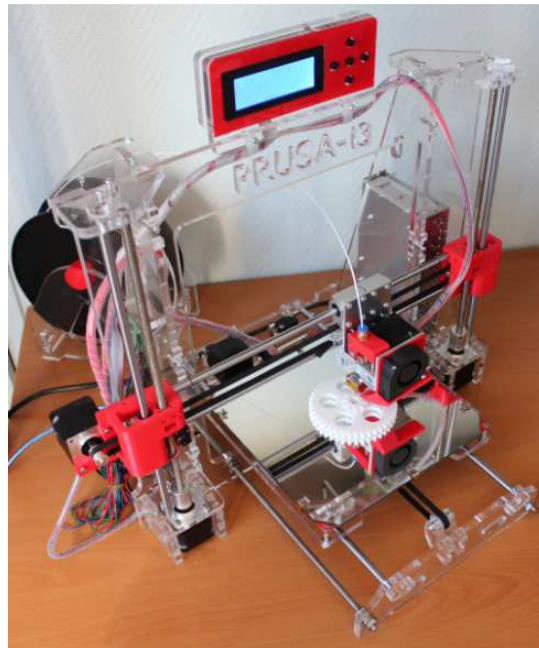


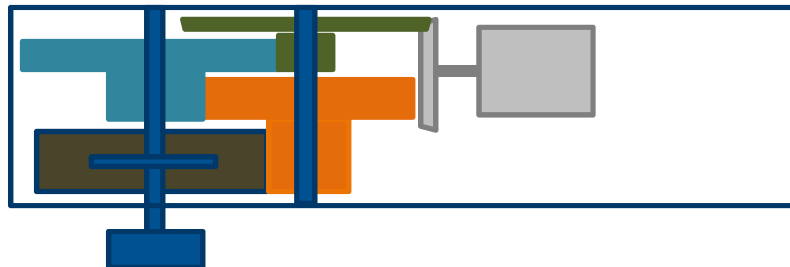
TP N° 58

Optimisation d'un ensemble de motorisation réalisé par imprimante 3D

L'objet de ce TP est d'optimiser la motorisation d'un lampadaire solaire de nouvelle génération. Il montre l'intérêt d'une utilisation conjointe de l'outil d'optimisation et de l'imprimante 3 D en conception mécanique, afin de trouver les meilleures solutions sans contrainte de standardisation relative au choix des modules d'engrenage (diamètre divisé par le nombre de dents).



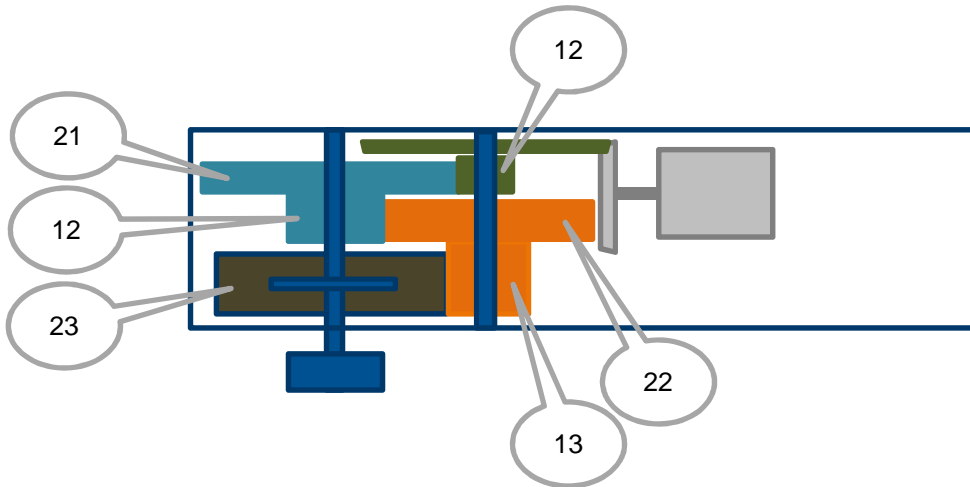
Un ensemble de motorisation est constitué d'un moteur électrique et d'un train d'engrenages monté sur 2 axes dont on cherche à maximiser le rapport de transmission dans un volume réduit. Celui est confiné dans un tube de section rectangulaire et chacune des roues d'engrenage doit supporter le couple maximum engendré par le moteur.



- Trouver la configuration optimale des 6 roues à dentures droites, dont les 4 intermédiaires sont solidaires deux à deux, sachant que leur diamètre ne peut pas excéder 93 mm et doit être supérieur à 16 mm, que leur largeur cumulée est limitée à 27 mm par axe et que leur module doit être supérieur à 0.8.

1 – Formalisation du problème

Chacun des engrenages est numéroté de 1 à 3. Son pignon (roue la plus petite) est référencé par 1i et sa grande roue par 2i.



Le nombre de dents de chacune des roues et l'écart entre les 2 axes constituent les paramètres à optimiser (1 réel + 6 entiers).

La charge que peut supporter chacun des engrenages peut se calculer par la formule de Lewis applicable aux engrenages non métalliques¹ indiquée ci-dessous.

$$W = \frac{SFY}{P} \left(\frac{600}{600 + V} \right)$$

W : Charge (Lbs.)

S : Contrainte de sécurité du matériau (plastic : 5000 LB.per Sq. In.)

F : Largeur de dent (in.)

Y : Facteur de forme des dents ($a + N^b + c$)

P : $N/D = 1 / \text{module}$

D : Diamètre d'engrenage (in.)

V : Vitesse = 0.262 D RPM (Ft.per Min.)

A partir d'une table de valeurs, le facteur de forme des dents a été mis sous la forme de l'équation suivante par ajustement.

$$Y = a + N^b + c \quad \text{avec } a = 1, b = 0,510456254 \text{ et } c = 0,657378976$$

Afin de donner le maximum de résistance au 3ème engrenage, l'épaisseur du premier est fixée à une valeur minimale de 3 mm et celle du second résulte d'un dimensionnement à coefficient de sécurité de 1.

A partir du nombre de dents d'un pignon d'engrenage (N_1), de celui de la roue associée (N_2) et de l'écart entre les axes (e) il est possible de calculer :

- Le diamètre primitif des roues : $R_1 + R_2 = e \Rightarrow R_1 = e / (1 + R_2/R_1) = e / (1 + N_2/N_1)$;
 $R_2 = e / (1 + N_1/N_2)$
- Le module des engrenages : $M = 2R_1/N_1 = 2R_2/N_2$
- Le diamètre extérieur des roues : $2R_i + 2M$

¹ Issue du document : http://afrodita.rcub.bg.ac.rs/~ggajic/pub/catia/gear/12_engineering_information.pdf

2 – Résultats

L'optimisation ci-dessous a été réalisée au moyen de l'outil GENCAB.

Train d'engrenages

Epaisseur cumulée max : 27 mm
 Epaisseur min : 3 mm
 Couple moteur : 180 Nmm
 Rpm moteur : 10 tr/mn
 N1 moteur : 32 mm
 N2 moteur : 46 mm
 Splastic : 5000 Lb.per Sq.in.
 a : 1
 b : 0,5105
 c : 0,6574

Entraxe : 54,832 mm

unités internationales										unités anglaises							
	N1	N2	N2/N1	I	R1	R2	M	Rmax	RPM(N1)	Couple(N1)	F	P	Y(N1)	V	W(N1lbs)	Couple	RF
1	14	63	4,5	3	9,9694	44,862	1,4242	46,2865	6,956522	258,75	0,1181	17,835	0,334031	1,4307	11,00176	487,8846	1,886
2	10	42	4,2	5,2376	10,545	44,287	2,1089	46,396	1,545894	1164,375	0,2062	12,044	0,290356	0,3363	24,82439	1164,375	1
3	10	38	3,8	18,762	11,423	43,408	2,2847	45,693	0,36807	4890,375	0,7387	11,118	0,290356	0,0867	96,42721	4899,774	1,002

Rapport de transmission : 71,82

R min : 9,9694 M min : 1,4242 R max : 46,396

> <

8 0,8 46,5

Facteur de sécurité min : 1

>

1

$W = \frac{SF \cdot Y}{P} \left(\frac{600}{600 + V} \right)$
 W : Charge (Lbs.)
 S : Contrainte de sécurité du matériau (plastic : 5000 Lb.per Sq. In.)
 F : Largeur de dent (in.)
 Y : Facteur de forme des dents ($a + N^b + c$)
 P : N/D = 1 / module
 D : Diamètre d'engrenage (in.)
 V : Vitesse = 0.262 D RPM (Ft.per Min.)



Engrenages

La feuille de calcul est disponible en cliquant sur l'icône :



3 – Conclusion

L'imprimante 3 D révolutionne la conception mécanique car elle permet de s'affranchir des contraintes de standardisation. Mais son potentiel ne peut être pleinement exploité qu'en utilisant un outil d'optimisation globale.

