

ETUDE CINÉTIQUE DU BRAS MAXPID

OBJECTIFS:

- Détermination de l'inertie équivalente à l'ensemble des pièces mobiles d'un mécanisme, ramenée à l'arbre du moteur électrique, en vue de l'application du principe fondamental de la dynamique afin de

Choisir ou Valider le choix la motorisation.

- Exploitation des notices techniques de constructeurs.
- Utilisation d'un logiciel de C.A.O. pour exprimer les caractéristiques cinétiques de solides complexes.

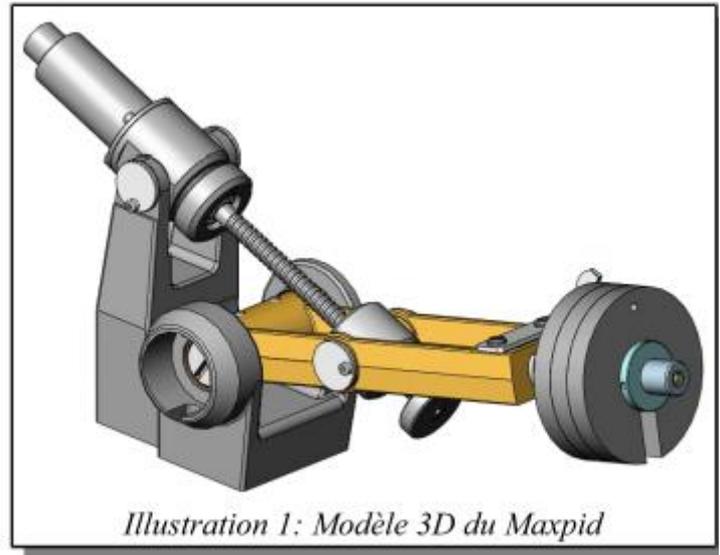


Illustration 1: Modèle 3D du Maxpid

Conditions de réalisation:

- Le paramétrage des différents solides et des mouvements du mécanisme sont rappelés page suivante.
- Les caractéristiques techniques du moteur électrique, de la vis à filet rond et de l'écrou à billes sont données dans les notices constructeur page 4 et 5
- Le fichier *Bras porte masses équipé .SLDASM* doit être présent dans le répertoire de travail

Hypothèses :

Le mouvement de rotation de la vis et du moteur électrique autour de l'axe Bz se fait avec une vitesse angulaire α° très faible. Il n'y a pas lieu de tenir compte du moment d'inertie du moteur et de la vis dans leur mouvement de rotation autour de l'axe Bz.

Pour effectuer les calculs qui suivent, on notera :

- masse volumique de l'acier : $7,85 \text{ kg/dm}^3$
- masse volumique de l'alliage d'aluminium : $2,70 \text{ kg/dm}^3$

Démarche de travail :

L'objectif étant de déterminer l'inertie équivalente à l'ensemble des pièces mobiles d'un mécanisme, ramenée à l'arbre du moteur électrique, en vue de l'application du principe fondamental de la dynamique, nous déterminerons successivement :

- Le moment d'inertie et l'énergie cinétique des pièces tournantes autour de l'axe Bx_2 par rapport au bâti
- Le moment d'inertie et l'énergie cinétique des pièces tournantes autour de l'axe Az par rapport au bâti.
- L'énergie cinétique de l'écrou et de la noix dans leur mouvement par rapport au bâti.
- L'énergie cinétique totale des pièces en mouvement / bâti.

1 - Détermination du moment d'inertie et de l'énergie cinétique des pièces tournantes autour de l'axe Bx_2 par rapport au bâti.

a - La vis de diamètre 12mm a une longueur totale de 195 mm. En utilisant la notice technique, déterminer son moment d'inertie par rapport à l'axe Bx_2 .

b - Relever la valeur du moment d'inertie du rotor du moteur électrique par rapport à l'axe Bx_2 .

c - L'accouplement rigide entre l'arbre du moteur électrique et la vis est en acier et assimilable à un cylindre plein de diamètre 19 mm et de longueur 22 mm. Déterminer son moment d'inertie par rapport à l'axe Bx_2 .

d - La rondelle en bout de vis est un cylindre en acier de diamètre 40 mm et longueur 10 mm. Déterminer son moment d'inertie par rapport à l'axe Bx_2 .

e - Déterminer le moment total d'inertie des pièces tournantes par rapport à l'axe Bx_2 en kgm^2 .

f - Calculer l'énergie cinétique EC_1 des solides tournant autour de l'axe Bx_2 en fonction de la vitesse angulaire β° .

2 - Détermination du moment d'inertie et de l'énergie cinétique des pièces tournantes autour de l'axe Az par rapport au bâti.

Cette partie sera traitée avec Solidworks car les moments d'inertie ne sont pas faciles à calculer directement. Démarrer le logiciel SolidWorks et charger le fichier *Bras porte masses équipé*

Seul le bras équipé nous intéresse dans cette partie de l'étude. Déployer ce sous assemblage et identifier les éléments que nous allons prendre en compte pour le calcul du moment d'inertie (Bras moulé, Tige porte masses, Erou embout 1, Erou positionnement des masses 1et 2, Axe articulation du moteur 1 et 2, Masses additionnelles 1.....).

On souhaite connaitre le moment d'inertie de l'ensemble de ces éléments par rapport à l'axe de rotation du bras (sur le fichier CAO, il s'agit de l'axe X et non Z comme sur notre modèle).

Dans l'arbre de création mettre en surbrillance l'ensemble recherché puis cliquer sur *Outils, Propriétés de masse*.

Un tableau s'affiche,

<p>Système de coordonnées de sortie = Base générale affichée en bas à gauche de l'écran SW, centrée en A (attention à l'inversion X /Z)</p> <p>1= Axes et moments principaux principaux d'inertie</p> <p>2= Matrices d'inertie exprimée au cdg de la pièce par rapport au système de coordonnées de sortie</p> <p>3= Matrices d'inertie exprimée en A de la pièce par rapport au système de coordonnées de sortie</p>	<p>Système de coordonnées de sortie : -- par défaut --</p> <p>Le centre de gravité et les moments d'inertie sont calculés dans le système de coordonnées e Maxpid Densité = 0.00 grammes par millimètre cube</p> <p>Masse = 336.18 grammes</p> <p>Volume = 124509.36 millimètres cubes</p> <p>Superficie = 48672.46 millimètres carrés</p> <p>Centre de gravité: (millimètres) X = -0.00 Y = 25.51 Z = -94.59</p> <p>Principaux axes et moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés) Pris au centre de gravité. <table border="0"> <tr> <td>$I_x = (0.00, -0.26, 0.97)$</td> <td>$I_{xx} = 189384.76$</td> </tr> <tr> <td>$I_y = (1.00, -0.00, -0.00)$</td> <td>$I_{yy} = 2078663.98$</td> </tr> <tr> <td>$I_z = (0.00, 0.97, 0.26)$</td> <td>$I_{zz} = 2206917.59$</td> </tr> </table> </p> <p>Moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés) Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie. <table border="0"> <tr> <td>$L_{xx} = 2078663.98$</td> <td>$L_{xy} = -13.69$</td> <td>$L_{xz} = 39.98$</td> </tr> <tr> <td>$L_{yx} = -13.69$</td> <td>$L_{yy} = 2068175.72$</td> <td>$L_{yz} = -510555.56$</td> </tr> <tr> <td>$L_{zx} = 39.98$</td> <td>$L_{zy} = -510555.56$</td> <td>$L_{zz} = 328126.63$</td> </tr> </table> </p> <p>Moments d'inertie: (grammes * millimètres carrés) Pris au système de coordonnées de sortie. <table border="0"> <tr> <td>$I_{xx} = 5305185.45$</td> <td>$I_{xy} = -24.84$</td> <td>$I_{xz} = 81.33$</td> </tr> <tr> <td>$I_{yx} = -24.84$</td> <td>$I_{yy} = 5075923.27$</td> <td>$I_{yz} = -1321738.27$</td> </tr> <tr> <td>$I_{zx} = 81.33$</td> <td>$I_{zy} = -1321738.27$</td> <td>$I_{zz} = 546900.80$</td> </tr> </table> </p>	$I_x = (0.00, -0.26, 0.97)$	$I_{xx} = 189384.76$	$I_y = (1.00, -0.00, -0.00)$	$I_{yy} = 2078663.98$	$I_z = (0.00, 0.97, 0.26)$	$I_{zz} = 2206917.59$	$L_{xx} = 2078663.98$	$L_{xy} = -13.69$	$L_{xz} = 39.98$	$L_{yx} = -13.69$	$L_{yy} = 2068175.72$	$L_{yz} = -510555.56$	$L_{zx} = 39.98$	$L_{zy} = -510555.56$	$L_{zz} = 328126.63$	$I_{xx} = 5305185.45$	$I_{xy} = -24.84$	$I_{xz} = 81.33$	$I_{yx} = -24.84$	$I_{yy} = 5075923.27$	$I_{yz} = -1321738.27$	$I_{zx} = 81.33$	$I_{zy} = -1321738.27$	$I_{zz} = 546900.80$
$I_x = (0.00, -0.26, 0.97)$	$I_{xx} = 189384.76$																								
$I_y = (1.00, -0.00, -0.00)$	$I_{yy} = 2078663.98$																								
$I_z = (0.00, 0.97, 0.26)$	$I_{zz} = 2206917.59$																								
$L_{xx} = 2078663.98$	$L_{xy} = -13.69$	$L_{xz} = 39.98$																							
$L_{yx} = -13.69$	$L_{yy} = 2068175.72$	$L_{yz} = -510555.56$																							
$L_{zx} = 39.98$	$L_{zy} = -510555.56$	$L_{zz} = 328126.63$																							
$I_{xx} = 5305185.45$	$I_{xy} = -24.84$	$I_{xz} = 81.33$																							
$I_{yx} = -24.84$	$I_{yy} = 5075923.27$	$I_{yz} = -1321738.27$																							
$I_{zx} = 81.33$	$I_{zy} = -1321738.27$	$I_{zz} = 546900.80$																							

a-Relever la valeur souhaitée, quitter en appuyant sur *ECHAP*. Suivre la même méthode pour la suite si nécessaire dans l'onglet option vous pouvez changer les unités.

b - Calculer l'énergie cinétique EC_2 des pièces tournant autour de l'axe Az, en fonction de la vitesse angulaire θ° .

3 - Détermination de l'énergie cinétique de l'écrou et de la noix dans leur mouvement par rapport au bâti.

La noix, en alliage d'aluminium est assimilable à un tube de diamètre extérieur 45 mm, de diamètre intérieur 26 mm et de longueur 36 mm.

En s'aidant de la documentation technique, déterminer la masse totale de la noix et de l'écrou.

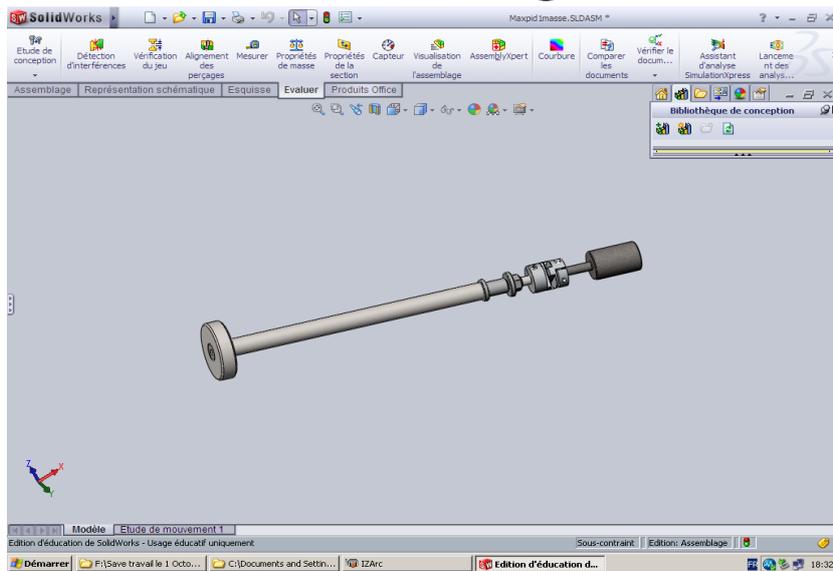
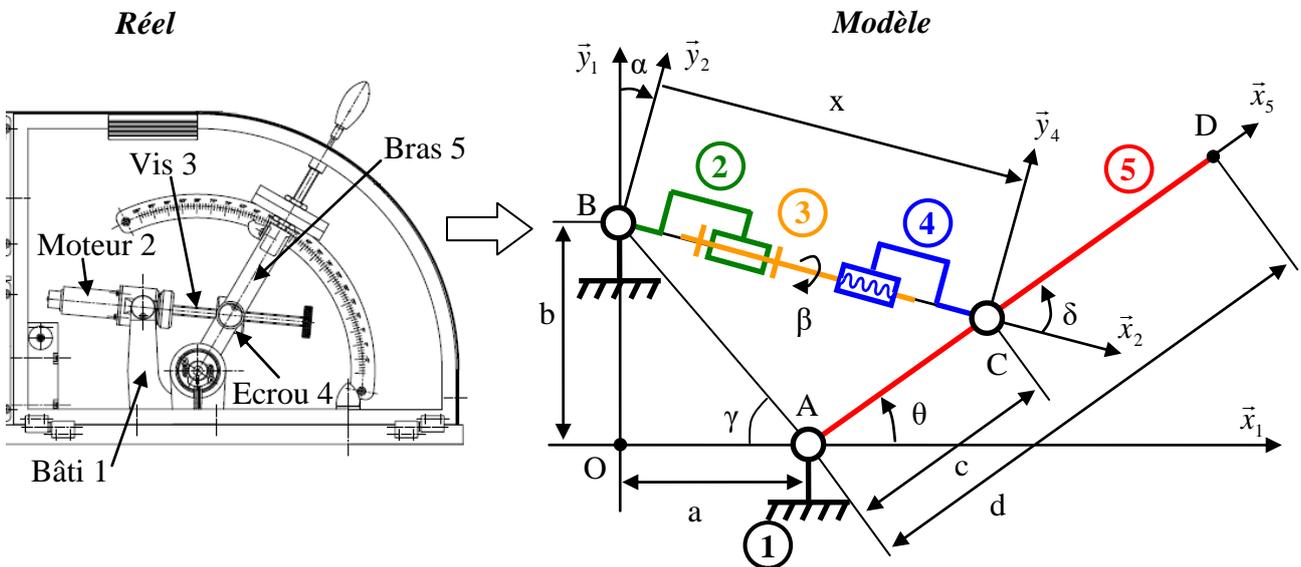
La vitesse de rotation α' autour de Bz est très faible, on négligera la valeur de l'énergie cinétique correspondante.

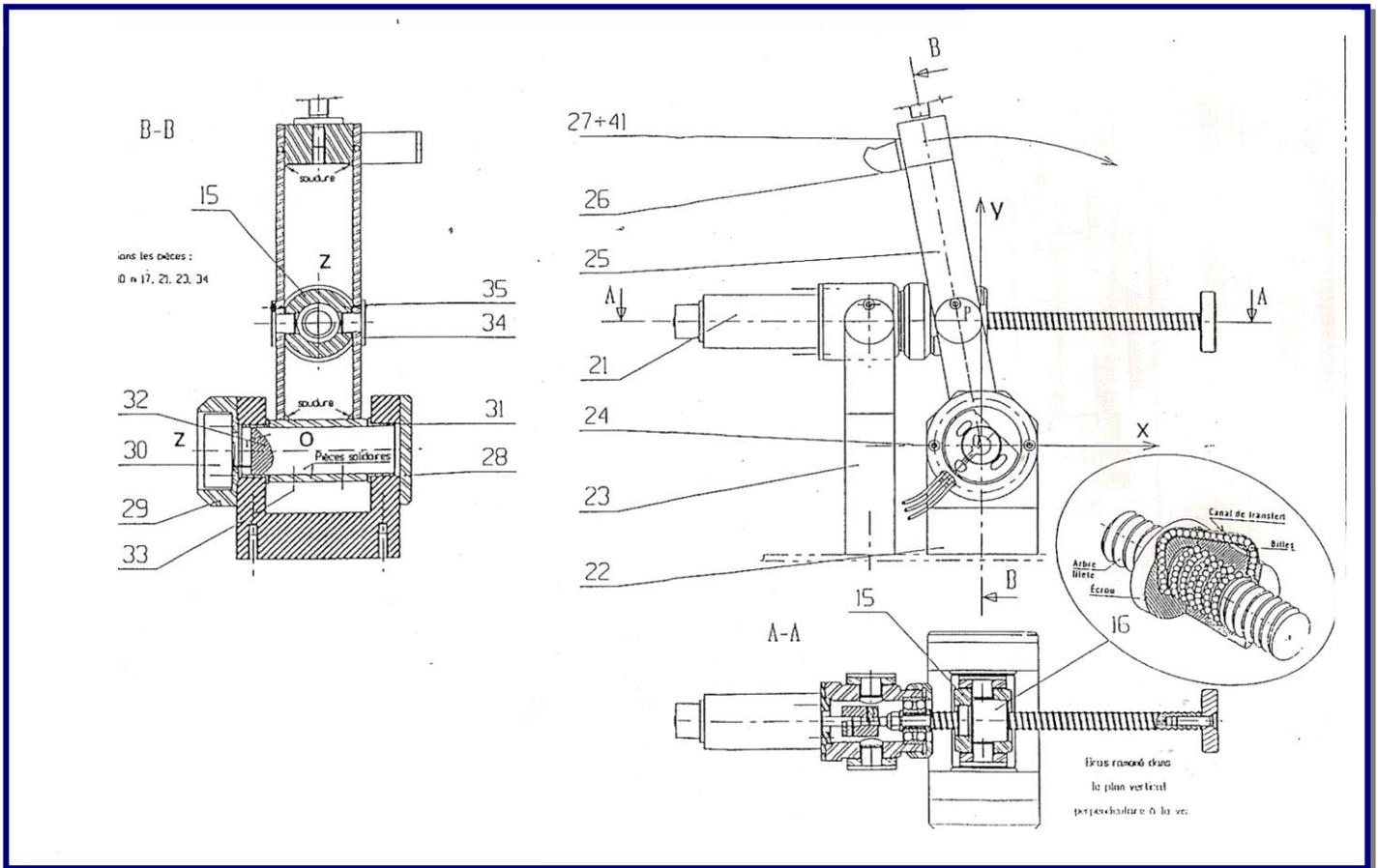
Calculer l'énergie cinétique EC_3 de cet ensemble en fonction de la vitesse angulaire θ° .

4 - Détermination de l'énergie cinétique totale des pièces en mouvement / bâti.

Dans un TD de cinématique, on a établi la relation linéaire, pour $30^\circ < \theta < 90^\circ$, $\beta = 0,312 \theta - 3,1$ dans laquelle β est exprimé en tours et θ en degrés.

- a - Donner la relation θ en fonction de β dans laquelle β et θ sont exprimés en radians.
- b - En déduire les expressions de θ° et $\theta^{\circ\circ}$ en fonction de β° et $\beta^{\circ\circ}$.
- c - Exprimer EC_1 , EC_2 et EC_3 en fonction de β° , comparer les différentes valeurs entre elles et conclure.
- d - Calculer la valeur de l'énergie cinétique totale en fonction de β° .
- e - En déduire le valeur $J_{\text{équi}}$ de l'inertie équivalente à l'ensemble des pièces mobiles, ramenée à l'axe Bx_2 de rotation du moteur.





C - EXTRAIT CATALOGUE DU MOTEUR CC DE L'AXE ASSERVI R3 MAXPID



Tension d'alimentation (Ua)	V	24
Vitesse au courant In	tr/mn	3493
Couple au courant In	mNm	113
Courant max permanent (In)	mA	2150
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	4303
Courant à vide à +/- 50%	mA	92.8
Couple de démarrage à Ua	mNm	611
Courant de démarrage à Ua	mA	11600
Constante de couple	mNm/A	52.5
Constante de vitesse	tr/mn/V	182
Pente vitesse/couple	tr/mn/mNm	7.17
Vitesse limite	tr/mn	8200
Puissance utile max. à Ua	W	69
Rendement maximum	%	85.5
Constante de temps électromécanique	ms	5.23
Inertie	gcm ²	69.6
Résistance aux bornes	Ohm	2.07
Inductivité	mH	0.62
Résistance thermique Boîtier/Ambiant	K/W	6.2
Résistance thermique Rotor/Boîtier	K/W	2

B - EXTRAIT CATALOGUE DU SYSTEME VIS/ECROU A BILLES DE L'AXE ASSERVI R3 MAXPID

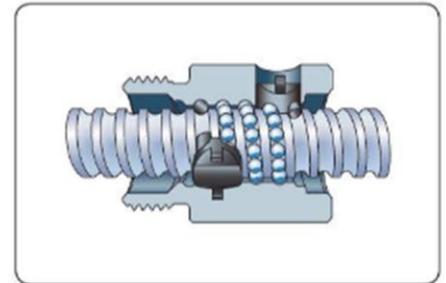
SD/BD/SH vis à billes miniatures

Fonctionnement doux et excellente réversibilité, nez fileté.

- Diamètre nominal: 6 à 16 mm
- Pas: 2 à 12,7 mm
- Ecrou cylindrique avec nez fileté: montage facilité
- Excellente répétabilité: bonne qualité de positionnement
- Recirculation interne par pions composite: fonctionnement doux et bonne réversibilité
- Elimination du jeu axial par augmentation du diamètre des billes sur demande (désignation BD): longueur maximum 1000 mm
- Sécurité renforcée: jonc de sécurité en option*: 12x4R – 14x4R – 16x5R – 12,7x12,7R
- Racleurs en options*: pour toutes les dimensions, sauf pour les 6x2R – 10x3R



Ecrou standard SD



Recirculation SD



Ecrou standard SH



Ecrou spécial SD

Diamètre nominal	Pas (à droite)	Ecrou Charges dynam. stat.	de base stat.	Nombre de circuits de billes	Jeu max.	Jeu réduit sur demande	Inertie	Graisse	Poids	Vis Masse	Inertie	Graisse	Désignation
d_0	P_h	C_a	C_{oa}		mm		kgmm^2	cm^3	kg	kg/m	kgmm^2/m	cm^3/m	-
mm	mm	kN		-	mm		kgmm^2	cm^3	kg	kg/m	kgmm^2/m	cm^3/m	-
6	2	1,2	1,5	1x2,5	0,05	0,02	7,7	0,1	0,025	0,18	0,7	0,7	SH 6x2 R
8	2,5	2,2	2,6	3	0,07	0,03	1,12	0,1	0,025	0,32	2,1	1,1	SD/BD 8x2.5 R
10	2	2,5	3,5	3	0,07	0,03	1,7	0,1	0,03	0,51	5,2	1,4	SD/BD 10x2 R
	3	2,3	3,5	1x2,5	0,07	0,03	2,9	0,3	0,05	0,5	5,1	1,3	SH 10x3 R
	4	4,5	5,4	3	0,07	0,03	2,7	0,3	0,04	0,43	3,8	1,3	SD/BD 10x4 R
12	2	2,9	4,6	3	0,07	0,03	1,5	0,1	0,023	0,67	10	1,7	SD/BD 12x2 R
	4	5	6,5	3	0,07	0,03	7	0,4	0,066	0,71	10,8	1,6	SD/BD 12x4 R
	5	4,2	5,3	3	0,07	0,03	5	0,6	0,058	0,71	10,1	1,4	SD/BD 12x5 R
12,7	12,7	5,3	9	2x1,5	0,07	0,03	20	1,1	0,2	0,71	16,2	1,6	SH 12,7x12,7 R
14	4	6	9	3	0,07	0,03	8	0,6	0,083	1,05	22	1,7	SD/BD 14x4 R
16	2	3,3	6,2	3	0,07	0,03	9,2	0,6	0,1	1,4	39,7	1,7	SD/BD 16x2 R
	5	7,6	10,5	3	0,07	0,03	22,7	0,9	0,135	1,3	33,9	2,1	SD/BD 16x5 R
	10	10,7	17	2x1,8	0,07	0,03	24,4	1	0,16	1,21	30,7	1,9	SD/BD 16x10 R

* Les 2 options (racleurs + jonc de sécurité) ne sont pas possibles sur le même écrou.



ANNEXE : Calcul de l'Energie Cinétique : (Extrait du cours d'énergétique)

RAPPELS :

L'Energie Cinétique d'un solide en mouvement par rapport à un référentiel Galiléen est égal à :

$$E_c(S/R_0) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \mathbf{V}(S/R_0) \right\}_A \otimes \cdot \left\{ \mathbf{C}(S/R_0) \right\}_A \quad \text{ou encore :}$$

$$E_c(S/R_0) = \frac{1}{2} \left[\vec{V}(A, S/R_0) \cdot m \vec{V}(G, S/R_0) + \vec{\Omega}(S/R_0) \cdot \vec{\sigma}_A(S/R_0) \right]$$

Nota : on cherchera à utiliser le point (A) qui donne les calculs les plus simples.

Cas Particuliers:

- Si A est fixe dans le repère R0 et le solide est en mouvement de rotation autour d'un axe fixe:

$$\Rightarrow \vec{V}(A, S/R_0) = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot E_c(S/R_0) = \vec{\Omega}(S/R_0) \cdot \vec{\sigma}_A(S/R_0)$$

$$E_c = \frac{1}{2} J \cdot \dot{\theta}^2$$

- Le solide (S) est en mouvement de translation

$$\vec{\Omega}(S/R_0) = \vec{0} \quad \text{d'où :}$$

$$E_c(S/R_0) = \frac{1}{2} m \cdot \left[\vec{V}(G, S/R_0) \right]^2$$

On peut noter aussi que l'Energie Cinétique d'un ensemble en mouvement par rapport à un référentiel Galiléen de solide est égale à la somme des énergies cinétiques de chacun de ses solides en mouvement par rapport à un référentiel Galiléen, soit :

$$E_c(1 + 2 + 3)/R_0 = E_c(1)/R_0 + E_c(2)/R_0 + E_c(3)/R_0$$