

Equilibrage des solides en rotation

1. Mise en évidence des conditions d'équilibrage

1.1. Observation du phénomène de vibrations sur la maquette physique

Q1/Observer le phénomène pour les 5 cas suivants et compléter le tableau dans le document réponse :

Cas 1 : Rotor sans masses additionnelles. voir **figure 1**

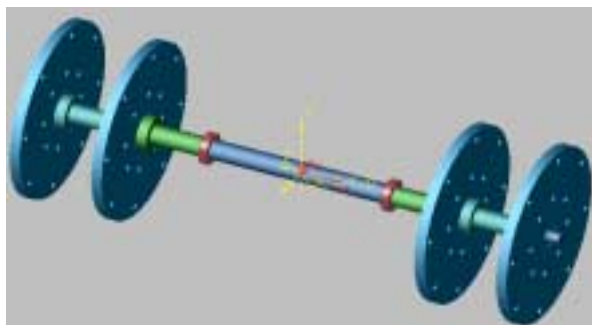


Figure 1



Figure 2

Cas 2 : Rotor avec masses disposées de façon quelconque (aucune symétrie) : voir **figure 2**

Cas 3 : Rotor avec masses symétriquement opposées par rapport au plan (xy) du rotor : voir **figure 3**

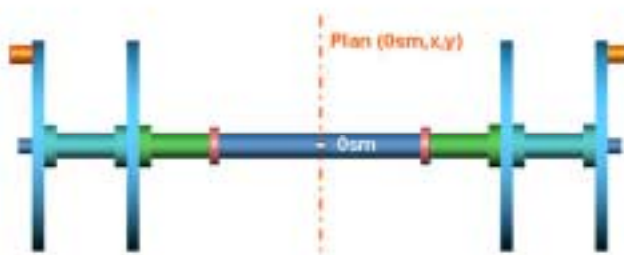


Figure 3



Figure 4

Cas 4 : Rotor avec masses symétriquement opposées par rapport au centre de gravité du rotor : voir **figure 4**

Cas 5 : Rotor avec masses symétriquement opposées par rapport à l'axe de rotation du rotor : voir **figure 5**

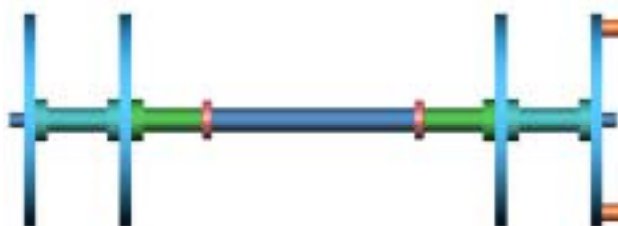


Figure 5

Les figures montrent les modèles CAO qui seront utilisés pour la simulation numérique.

1.2. Conclusions de l'observation

Q2/Comparer les résultats et donner vos premières conclusions.

Dans les cas où le système vibre, on observe une vibration plus importante (phénomène de résonance) à un moment donné que l'on ne peut déterminer précisément car la vitesse n'est pas constante lors de l'expérience.

Nous allons utiliser une maquette numérique pour mieux exploiter ces résultats et déterminer les vitesses de rotations qui correspondent au phénomène de résonance.

1.3. Passage au Modèle numérique

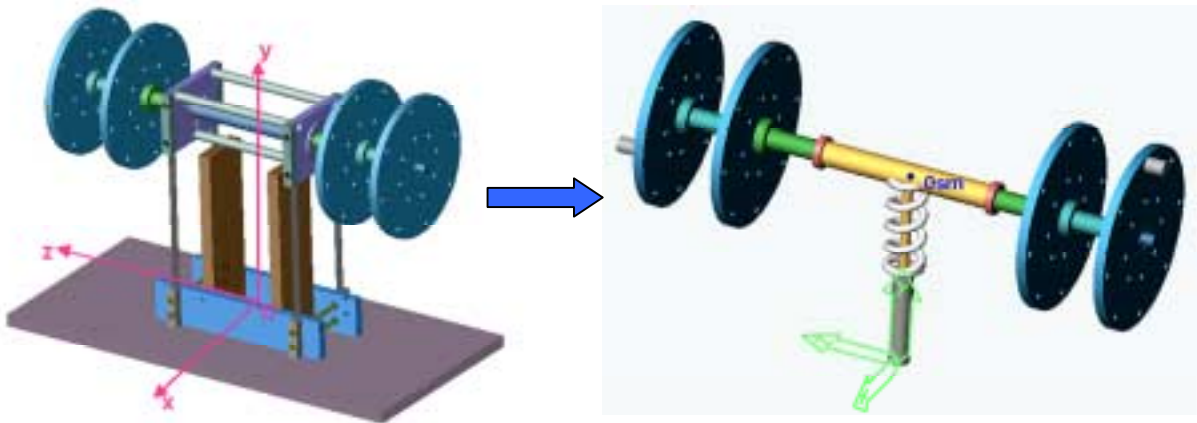


Figure 6

Le système réel (la maquette physique) possède trois degrés de liberté (voir **Figure 6**):

- 1 en rotation R_z lié à la liaison pivot du rotor/palier mobile.
- 1 en rotation R_y et 1 en translation T_x pour le palier mobile /bâti.

L'objectif est de créer un modèle numérique simple qui permette de visualiser les phénomènes vibratoires. L'essentiel est d'avoir trois degrés de libertés indépendants.

Dans le modèle SolidWorks :

- Le palier mobile est nommé « Coulisseau ».
- Le rotor est nommé « Banc-masses ».

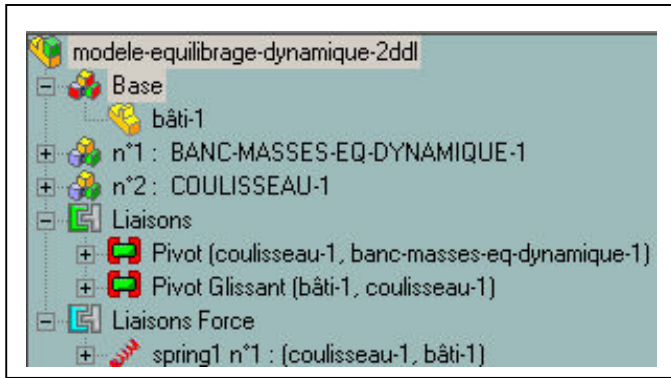
Afin de simplifier le modèle, on crée une liaison pivot glissant entre le palier mobile (ou palier-coulisseau) et le bâti qui permet d'avoir deux degrés de libertés indépendants T_y et R_y .

Le modèle comprendra deux liaisons (voir **figures 7 et 8**)

- Une liaison pivot d'axe (O, z) entre le rotor et le palier ; ddl : R_z .
- Une liaison pivot glissant d'axe (O, y) entre la palier mobile et le bâti ; ddl : T_y et R_y .

Ouvrir par exemple le fichier « cas4.SLDASM » .

Cliquer sur l'onglet MotionWorks  pour visualiser l'arbre



Arbre de construction MotionWorks. Figure 7

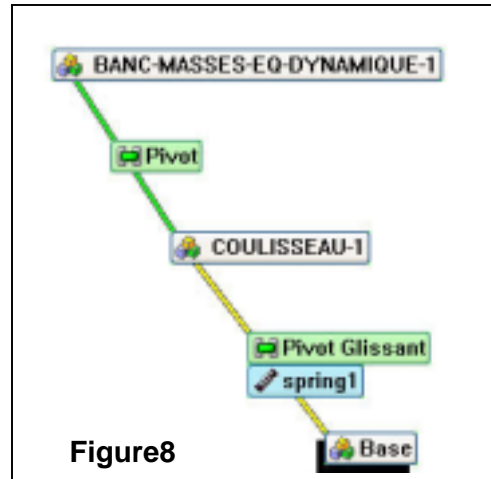



Figure 8

Cliquer sur l'icône Graphe des liaisons  \Rightarrow

Pour visualiser les vibrations suivant T_y du palier, on peut créer un ressort entre le palier et le bâti ou imposer un effort articulaire de type ressort dans la liaison pivot glissant pour le ddl en translation T_y . Le ressort a été choisi pour améliorer le côté visuel de la simulation.

Le ressort est nommé spring1 n°1 dans l'arbre de construction MotionWorks.

La raideur du ressort est défini à 10600 N/m (ce qui correspond à la raideur de traction des lames flexibles, obtenue par essai).

La longueur à vide de ressort est définie à 0.1m ce qui correspond à position initiale $y(0)=0$.

Cliquer bouton droit sur spring1 n°1 puis « Propriétés », puis sur l'onglet dynamique pour visualiser les paramètres du ressort (figure 9).

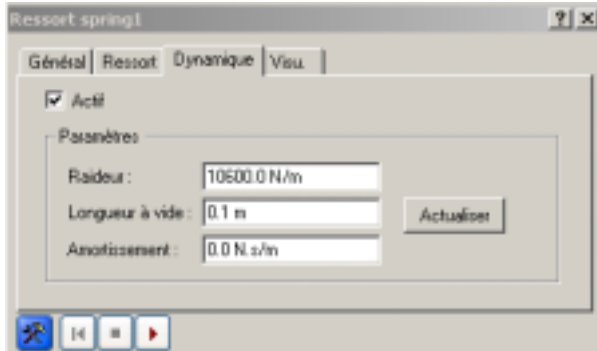


Figure 9

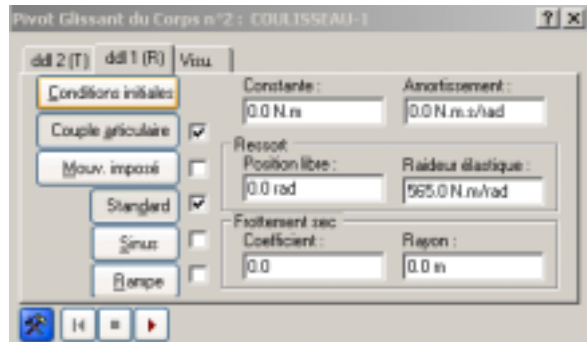



Figure 10

Pour visualiser les vibrations suivant R_y du palier, on impose un effort articulaire de type ressort de torsion dans la liaison pivot glissant pour le ddl en rotation R_y .

La raideur du ressort est défini à 565 N.m/rad (ce qui correspond à la raideur de torsion des lames flexibles, obtenue par essai).

La position libre du ressort est définie à 0 soit une position initiale $\alpha_y(0) = 0$

Cliquer bouton droit sur  Pivot Glissant (bâti-1, coulisseau-1) puis « Propriétés », puis sur l'onglet « ddl1 (R) » puis sur « Couple articulaire » pour visualiser les paramètres du ressort (figure 10).

Exploitation de la maquette numérique

Q3/Pour tous les cas (cinq au total), mettre en œuvre la démarche suivante et compléter le tableau dans le document réponse :

Démarche

1. Ouvrir le modèle numérique correspondant à chaque cas.
2. Cliquer bouton droit sur « Pivot » dans l'arbre MotionWorks puis « Propriétés » puis « Mouvement imposé ». Entrer la vitesse de rotation $\omega_z = 48 \text{ rad/s}$ (figure 11)

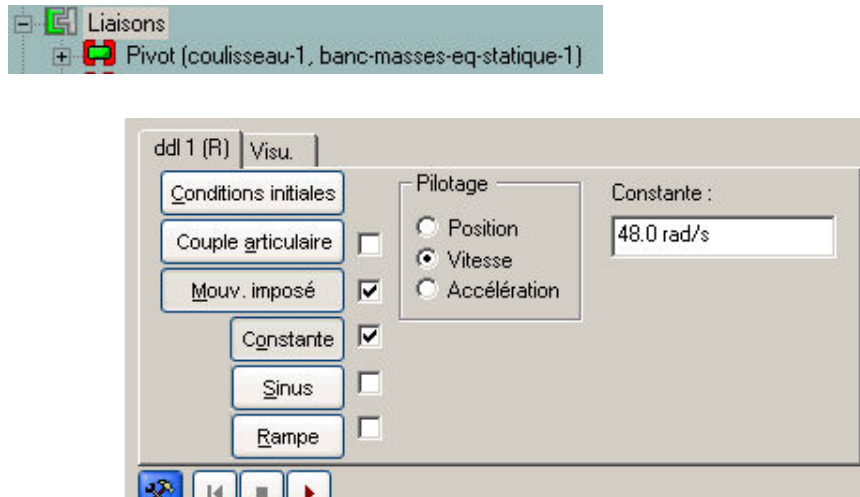
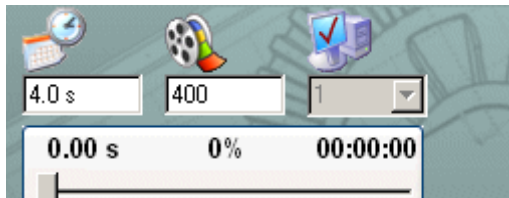


Figure 11




La simulation est réalisée sur 4 secondes avec 400 images soit 100 images par secondes.

Lancer la simulation pour la vitesse du rotor $\omega_z = 48 \text{ rad/s}$.



- 2.1. Visualiser le mouvement
- 2.2. Observer la présence ou l'absence de vibrations.
- 2.3. Compléter le tableau Document réponse
3. Exploitation des résultats donnés par SolidWorks. (voir Figure 12 et 13)
 - 3.1. Obtenir les propriétés de masse du rotor : masse, position du centre de gravité, opérateur d'inertie. Pour cela :

Ouvrir le fichier SolidWorks correspondant au rotor , par exemple « Banc-masses-desequilibrage-statique.SLDASM »

Utiliser la fonction « Propriétés de masse » dans « Outils ». ou icône , voir figure 12.

Utiliser le système de coordonnées (Osm, X, Y, Z) comme système de coordonnées de sortie, voir figure 13.

Compléter le tableau dans le document réponse.



figure 12

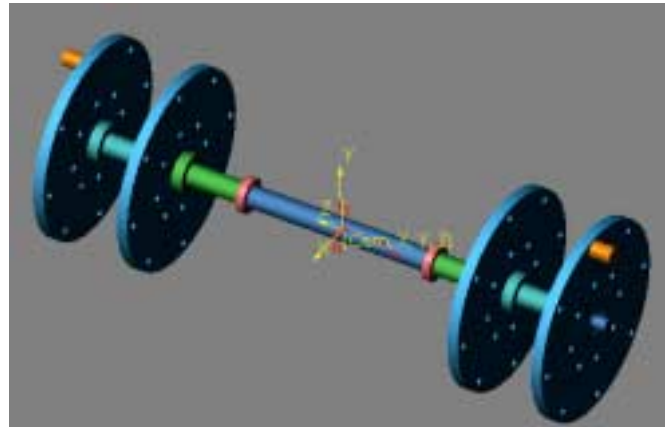


figure 13

4. Exploitation des résultats donnés par MotionWorks

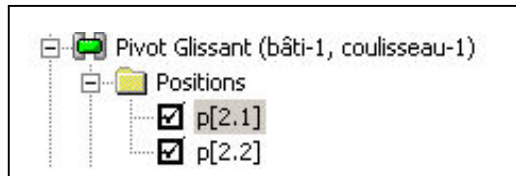
4.1. Visualiser la trajectoire du centre de masse

4.2. Cliquer sur l'icône grapheur



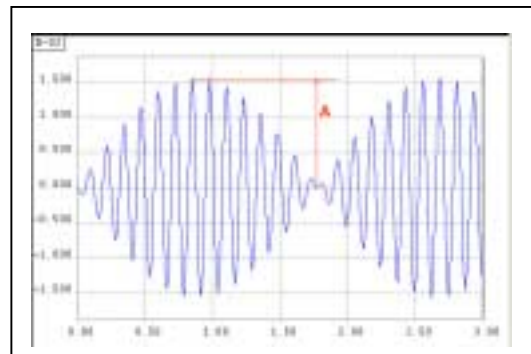
Visualiser la courbe de déplacement correspondant au degrés de liberté Ty et Ry.

Figure 14



4.3. Enregistrer/ imprimer la courbe.

Figure 15



1.3.1. comparaison des résultats.

Q4/Comparer les résultats en précisant les paramètres qui influent ou non sur l'équilibrage du rotor.

Rappel : un rotor est dit équilibré si on observe aucun phénomène de vibrations au niveau du ou des paliers du rotor.

1.3.2. Conclusion sur les conditions d'équilibrage :

Q5/Enoncer les conditions requises pour qu'un rotor soit équilibré (conditions d'équilibrage).

1.3.3. Conclusion (du professeur) sur la conception d'un rotor en général.

2.Mise en évidence du phénomène de résonance

2.1.1.Valeurs de l'amplitude maximale du mouvement A_y (cas 3)

Q6/Pour le cas 3, relever dans le tableau (document réponse) les valeurs de l'amplitude maximale du mouvement $A\omega$ pour les différentes vitesses de rotation ω du rotor (voir figure 15 page précédente).

2.1.2.Le tracé de la courbe $A_y = f(\omega)$ est réalisé avec Excel.

Q7/Ouvrir le fichier TP-Equilibrage.xls , compléter le tableau avec les valeurs trouvées la question précédente puis imprimer le graphique « graphe Amplitude A_y (cas3) ».

2.1.3.Valeurs de l'amplitude maximale du mouvement A_α (cas 4)

Q8/Pour le cas 4, relever dans le tableau (document réponse) les valeurs de l'amplitude maximale du mouvement $A\omega$ pour les différentes vitesses de rotation ω du rotor.

2.1.4.Le tracé de la courbe $A_\alpha = g(\omega)$ est réalisé avec Excel.

Q9/Ouvrir le fichier TP-Equilibrage.xls , compléter le tableau avec les valeurs trouvées la question précédente puis imprimer le graphique « graphe Amplitude A_α (cas4) ».

2.1.5.Détermination de la première pulsation propre (phénomène de résonance)

Q10/Relever sur la graphe (cas 3) a valeur de ω pour laquelle l'amplitude du mouvement devient très grande.

2.1.6.Détermination de la deuxième pulsation propre (phénomène de résonance)

Q11/Relever sur la graphe (cas 4) la valeur de ω pour laquelle l'amplitude du mouvement devient très grande.