SDLS121 – Recalage des paramètres d'un modèle dynamique par analyse modale

Résumé :

Ce cas-test valide les fonctionnalités de recalage en dynamique de la commande MACR_RECAL. Il s'agit notamment de mot-clé facteur DYNAMIQUE mais aussi des nouveaux algorithmes d'optimisation: l'algorithme évolutionnaire ainsi que la technique hybride basée sur une combinaison entre l'algorithme évolutionnaire et celui de Levenberg-Marquardt.

On considère une plaque avec une masse discrète placée dessus et on recale, par trois méthodes différentes, deux paramètres du modèle: l'épaisseur de la plaque et la valeur de la masse discrète. Les résultats expérimentaux sont les fréquences propres et les déformées modales des modes propres identifiés par la mesure et qu'on a stocké dans un fichier en format unv.

On traite également le cas d'une structure dissipative en ajoutant sur la plaque des amortissements discrets.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La structure est une plaque avec les dimensions suivantes (voir [Figure 1.1-a]):

- longueur $L=10\,m$;
- largeur $b=10\,m$;
- épaisseur $e=0.5\,m$.

L'origine du système de référence est située au centre de la plaque et une masse discrète $M=5\mathrm{E}4\,kg$ est placée à $X=2\,m$, $Y=3\,m$.

Pour l'étude de la structure dissipative, on rajoute un amortissement discret $A=2\mathrm{E}4\,Ns/m$ aux points de coordonnées $(2\,m,3\,m)$, $(1\,m,1\,m)$, $(1\,m,2\,m)$, $(1\,m,3\,m)$, $(1\,m,4\,m)$, $(0\,m,0\,m)$, $(-1\,m,-1\,m)$, $(-2\,m,-2\,m)$, $(-3\,m,-3\,m)$, $(-4\,m,-4\,m)$.

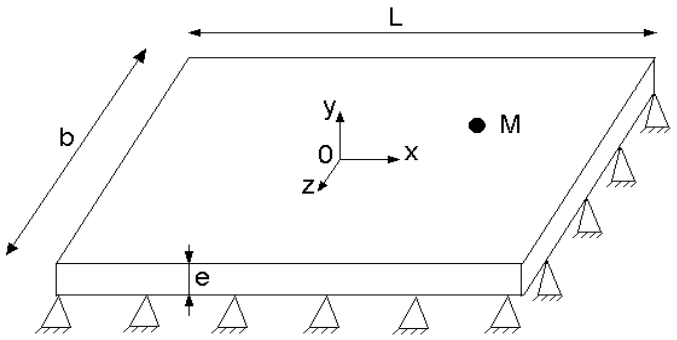


Figure 1.1-a : Géométrie de la plaque

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : $E=2\mathrm{E}11\,Pa$
Coefficient de Poisson : $\nu=0.3$
Masse volumique: $\rho=7800\,kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

La plaque est encastrée sur ses bords. (voir Figure1.1-a).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Ce calcul est une validation de l'option DYNAMIQUE de la macro MACR_RECAL . Pour ce faire, la démarche est la suivante :

- on fait un calcul dit « expérimental » pour obtenir la base modale exportée en format unv comme si elle aurait été fournie par la mesure, en considérant pour les paramètres du modèle à recaler les valeurs optimale attendues ,
- on suppose maintenant que les valeurs à identifier précédentes nous sont inconnues. La seule information qu'on a c'est la base modale que nous considérerons donc comme une mesure expérimentale,
- on lance alors l'optimisation sur cette pseudo mesure expérimentale en prenant pour chacun des paramètres une valeur arbitraire,
- on vérifie que les valeurs identifiées par l'algorithme sont bien les valeurs à identifier.

Cette démarche est très classique en optimisation où elle permet de valider les algorithmes.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les grandeurs de référence sont les valeurs des paramètres à convergence soit :

- $e = 0.5\,m$
- $M = 5\mathrm{E}4\,kg$
- $A = 2\mathrm{E}4\,Ns/m$ (pour l'étude du système dissipatif)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, de type plaque DST, on considère la méthode 'HYBRIDE' pour effectuer le recalage de la masse discrète et de l'épaisseur de la plaque. Les valeurs initiales et les domaines admissibles des paramètres sont :

- masse : 30000 dans $[20000.,70000.]$
- épaisseur : 0.15 dans $[0.1,1.]$

La masse discrète est introduite à l'aide d'un élément DIS_T.

3.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 20×20 QUAD4, respectivement suivant les axes x , y (voir [Figure 3.2-a]).

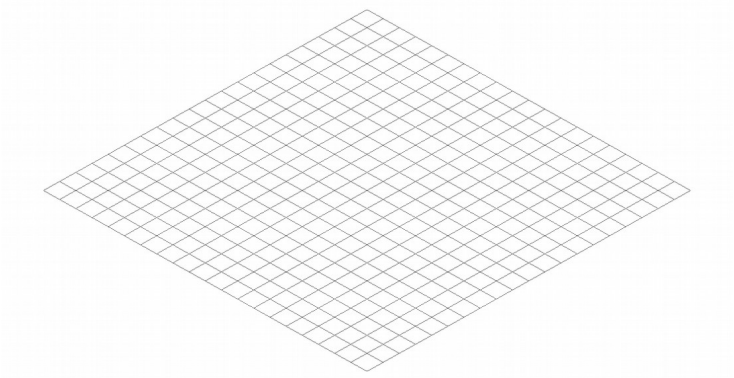


Figure 3.2-a: Maillage pour la modélisation A.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Épaisseur	0.5
Masse discrète	50000

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, de type plaque DST, on considère la méthode 'LEVENBERG' pour effectuer le recalage de la masse discrète et de l'épaisseur de la plaque. Les valeurs initiales et les domaines admissibles des paramètres sont :

- masse : 30000 dans $[20000.,70000.]$
- épaisseur : 0.25 dans $[0.1,1.]$

La masse discrète est introduite à l'aide d'un élément DIS_T.

4.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 20×20 QUAD4, respectivement suivant les axes x, y (voir [Figure 3.2-a]).

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Épaisseur	0.5
Masse discrète	50000

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, de type plaque DST, on considère la méthode 'GENETIQUE' pour effectuer le recalage de l'épaisseur de la plaque. La valeur initiale et le domaine admissible sont :

- épaisseur : 0.35 dans $[0.3,0.7]$

La valeur de la masse discrète est considérée connue et fixée à $50000 kg$.

5.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 20×20 QUAD4, respectivement suivant les axes x , y (voir [Figure 3.2-a]).

5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Épaisseur	0.5

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise les mêmes caractéristiques initiales que la modélisation A ou B.

Pour cette modélisation D, la technique de recalage modal utilisée consiste à diagonaliser les matrices de raideur et de masse généralisées obtenues avec les déformées modales identifiées étendues sur le modèle numérique. On essaie également de minimiser l'écart entre les fréquences propres identifiées et les fréquences propres estimées en effectuant le rapport entre la raideur généralisée et la masse généralisée de chaque mode.

L'expansion des modes propres identifiés « expérimentalement » est réalisée au préalable dans le fichier maître. Les matrices généralisées sont calculées par l'opérateur MAC_MODES dans le fichier esclave.

On n'utilise pas l'option DYNAMIQUE de la macro MACR_RECAL. Le mode de lancement du calcul esclave est de type INCLUSION.

Dans cette modélisation, de type plaque DST, on considère la méthode 'LEVENBERG' pour effectuer le recalage de la masse discrète et de l'épaisseur de la plaque. Les valeurs initiales et les domaines admissibles des paramètres sont :

- masse : $30000\,kg$ dans $[20000\,kg, 70000\,kg]$
- épaisseur : $0.25\,m$ dans $[0.1\,m, 1.\,m]$

La masse discrète est introduite à l'aide d'un élément DIS_T.

6.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 20×20 QUAD4, respectivement suivant les axes x, y (voir [Figure 3.2-a]).

6.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Épaisseur	0.5 m
Masse discrète	50000 kg

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Dans cette modélisation, de type plaque DST, on utilise la méthode 'LEVENBERG' pour effectuer le recalage de la masse discrète, de l'épaisseur de la plaque et des amortissements discrets. Les valeurs initiales et les domaines admissibles des paramètres sont :

- masse : $30000\,kg$ dans $[20000\,kg, 70000\,kg]$
- épaisseur : $0.3\,m$ dans $[0.1\,m, 1.\,m]$
- amortissement discret : $5\,E6\ Ns/m$ dans $[1\,E3\,Ns/m, 1\,E8\ Ns/m]$

La masse discrète et les amortissements discrets sont introduits à l'aide d'éléments DIS_T.

La technique de recalage utilisée consiste à faire vérifier aux déformées modales identifiées étendues, les relations de norme définies sur le modèle numérique.

L'expansion des modes propres identifiés « expérimentalement » est réalisée au préalable dans le fichier maître.

On n'utilise pas l'option DYNAMIQUE de la macro MACR_RECAL. Le mode de lancement du calcul esclave est de type INCLUSION.

7.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage régulier composé de 20×20 QUAD4, respectivement suivant les axes x, y (voir [Figure 3.2-a]).

On rajoute des éléments discrets aux points de coordonnées $(2\,m, 3\,m)$, $(1\,m, 1\,m)$, $(1\,m, 2\,m)$, $(1\,m, 3\,m)$, $(1\,m, 4\,m)$, $(0\,m, 0\,m)$, $(-1\,m, -1\,m)$, $(-2\,m, -2\,m)$, $(-3\,m, -3\,m)$, $(-4\,m, -4\,m)$ afin de pouvoir y affecter les amortissements discrets.

7.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Épaisseur	0.5 m
Masse discrète	50000 kg
Amortissement discret	20000 Ns/m

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Synthèse des résultats

Ce cas-test a permis la validation des fonctionnalités de recalage en dynamique avec la commande MACR_RECAL en utilisant des données expérimentales issues de l'analyse modale. Plusieurs méthodes ont été testées et celle qui donne les meilleurs résultats est la méthode HYBRIDE qu'on conseille à l'utilisation pour recaler les paramètres de nature différente d'un modèle dynamique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)