E.2 Validation d’un modèle par autocontrôle

E.2 Validation d’un modèle par autocontrôle

Avant d’exploiter les résultats du modèle, il convient de procéder à plusieurs vérifications portant sur :

- les données d'entrée ;
- le comportement du modèle soumis à des sollicitations et à des conditions cinématiques élémentaires ;
- les capacités du modèle et du logiciel à fournir des résultats satisfaisants et exploitables.

Si certains de ces points s’avèrent redondants pour celui qui a lui-même réalisé la modélisation (voir paragraphe précédent), ils sont essentiels dans le cas de l’exploitation d’une modélisation réalisée par une tierce personne.

Si l’objectif final de l’étude globale est d’effectuer des calculs non linéaires (non-linéarités géométriques, loi de comportement de matériaux non-linéaires ...), cette validation s’avère primordiale car elle peut éviter l’exécution inutile de longs calculs. Ceci est d'autant plus vrai que l’obtention d’une solution acceptable pour un problème complexe à résoudre est rarement immédiate.

De manière générale, la réalisation d'un petit modèle simplifié à l'aide de barres permet de valider rapidement certains ordres de grandeur de valeurs issues d'un modèle EF. Voir à cet égard l'exemple de la tour IGH (modèle brochette): Exemple A - Immeuble de Grande Hauteur (partie C).

On s'astreindra aussi à vérifier le modèle au fur et à mesure de l'avancement du modèle, en particulier sous le cas de charge poids propre. On voit trop souvent des ingénieurs se lancer dans une modélisation de plusieurs semaines puis buter sur des messages d'erreurs multiples. Il est loisible également de sauvegarder les fichiers de données intermédiaires au long de la journée, en incrémentant le nom du fichier, de manière à pouvoir revenir à une version précédente très facilement (celle qui fonctionnait avant les derniers ajouts).

Cette approche permettra aussi d'évaluer les temps nécessaires à la génération du modèle, de calcul et d'affichage des résultats.

Quelques points de contrôle importants sont présentés ci-après. Cette liste n’est ni limitative, ni exhaustive. Pour des problèmes spécifiques, d’autres points de contrôle peuvent être envisagés.

E.2.1 Premières vérifications du modèle

Avant toute exécution des calculs, il est nécessaire de procéder à des vérifications de base.

Ces contrôles peuvent paraître fastidieux mais la détection d’erreurs, souvent basiques, peut faire gagner beaucoup de temps au final.

a) Contrôle de la géométrie du modèle

De simples contrôles graphiques permettent généralement de faire apparaître des incohérences sur les caractéristiques géométriques des éléments.

Certains logiciels permettent de visualiser les éléments avec leur vraie section. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour les éléments de type poutres car elle permet de contrôler de visu la bonne orientation des axes principaux et la position adéquate de l’axe longitudinal qui servira de référence pour la mise en place du chargement par exemple.

La liaison des éléments, la bonne connexion des coques et les conditions aux limites font partie intégrante de la vérification géométrique. Le contrôle visuel des repère locaux *avant* application des charges locales, également.

b) Caractéristiques des éléments

Pour des éléments de type poutres, certains logiciels peuvent proposer des profilés prédéfinis. Lors de la toute première utilisation d’un tel élément, il convient de vérifier que les caractéristiques affichées par le logiciel correspondent bien à la géométrie ; comparer ces caractéristiques avec celles fournies par les catalogues dans le cas de profilés standard ou procéder à des calculs manuels approchés des caractéristiques pour des sections non standard.

Pour une section définie par son contour, les surfaces et inerties calculées par le logiciel doivent être vérifiées.

Pour les problèmes courbes ou avec des charges excentrées, il est important de vérifier la position du centre de torsion des poutres et de vérifier si le logiciel tient compte ou non d'un décalage éventuel entre centre de gravité et centre de torsion.

c) Pour les caractéristiques des matériaux, une relecture des données est nécessaire.

Dans le cas d’un modèle mono-matériau, une erreur sur le module de Young peut affecter les résultats des déformations sans avoir d'impact sur les efforts. Alors que dans le cas d’un modèle multi-matériaux, une erreur sur l’un des modules influencera l’ensemble des résultats.

d) Comparaison par rapport aux versions antérieures

Quand on dispose d'un modèle simplifié, issu d'une phase antérieure, ou que l'on fait une modification sur un modèle, on doit systématiquement recontrôler certaines grandeurs principales pour détecter d'éventuelles erreurs.

e) Caractéristiques des charges

Pour les charges, une relecture des données s'avère également nécessaire.

Il s'agit de visualiser l'ensemble des charges appliquées au modèle et ce pour chacun des cas de charge définis.

Les valeurs de charges doivent être correctement identifiées ; valeurs caractéristiques ou valeurs pondérées. L'orientation et la direction de ces charges doivent aussi être vérifiées.

Si le modèle contient plusieurs cas de charge, il convient d'observer s'il s'agit de cas de charges indépendants ou successifs.

Pour les études dynamiques, une vérification des masses du modèle, dans toutes les directions est indispensable.

E.2.2 Vérifications de base de résultats de calcul

Cette étape se base sur des approches simplifiées statiques linéaires.

Pour chaque calcul réalisé, des vérifications de base doivent être effectuées. Ces vérifications, en plus de participer à la validation du modèle, permettront également, pour un débutant, de se familiariser avec le post-processeur du logiciel utilisé et de vérifier que les différentes options des éléments et/ou des calculs ont été activées correctement.

a) Déformée – Ordre de grandeur des résultats

L'allure générale de la déformée est très explicite puisqu'elle donne une réponse immédiate sur le comportement de la structure à une sollicitation donnée. Elle permet de valider les hypothèses sur le schéma statique mis en place (appui simple, encastrement, ...) et sur la modélisation des assemblages.

> Attention aux facteurs d'amplification graphique, qui peuvent induire en erreur sur des déplacements locaux (imposer un facteur de 1 pour vérifier d'éventuelles incohérences).

En élasticité linéaire, les ordres de grandeur des déplacements doivent être satisfaisants. Leur amplitude doit être faible vis-à-vis des dimensions de la structure.

b) Descente de charges

L'équilibre statique doit être vérifié. On peut calculer manuellement les résultantes des charges appliquées dans le modèle et les comparer aux composantes de la somme des réactions d'appui affichée par le logiciel.

La répartition et la direction des réactions sur les différents appuis doivent être analysées par rapport aux degrés de liberté bloqués.

La présence d'une réaction nulle pour un degré de liberté bloqué doit être analysée. Il s'agira généralement d'un effet de symétrie.

E.2.3 Tests sur les liaisons et les assemblages

a) Réactions d'appui nulles ou non-nulles

Les réactions d'appui doivent correspondre au schéma statique.

Le signe doit également être contrôlé et permet de détecter des erreurs de référentiel pour les cas de charges.

b) Modélisation d'un assemblage

Le calcul général n'affranchit pas d'une analyse locale (et manuelle) par exemple avec un chargement à proximité d'un assemblage pour vérifier que les transferts des efforts se font de la manière attendue.

E.2.4 Tests de sensibilité sur des points spécifiques de la modélisation

On doit s'interroger quand la modélisation produit un effet (global ou local) qui varie beaucoup quand les données d'entrée évoluent. On serait alors en présence d'une instabilité de modèle.

Révision #1
★Créé 12 December 2023 10:08:55 par Paul Terrasson Duvernon
✎Mis à jour 12 December 2023 10:13:12 par Paul Terrasson Duvernon