Post-traitement des calculs modaux avec choc

Résumé :

Ce document présente le principe de post-traitement des calculs transitoires par recombinaison modale avec non-linéarités de choc disponibles dans l'opérateur POST_DYNA_MODA_T.

Deux options de post-traitement peuvent être employées, la première utilisable pour des problèmes de vibration-usure détermine des valeurs moyennes et RMS de déplacements, forces de choc et puissance d'usure dissipée au niveau des supports à jeux, la seconde est applicable pour l'analyse fine des impacts survenant lors de sollicitations transitoires, la force maximale instantanée, la durée du temps de choc, l'impulsion échangée, la vitesse avant impact sont déterminés pour chaque choc.

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

Table des Matières

1 Introduction....3
2 Grandeurs considérées dans les vibrations avec chocs....4
2.1 Forces de choc....4
2.2 Déplacements de choc....4
2.3 Grandeurs secondaires....5
2.3.1 Temps de choc....5
2.3.2 Grandeurs calculées....5
3 Post-traitement transitoire modal – option 'USURE'....5
3.1 Traitement statistique par blocs....5
3.2 Traitements statistiques appliqués aux déplacements de choc....6
3.3 Statistiques pour les forces de choc....8
3.4 Statistiques pour les temps de choc....9
3.5 Puissance d'usure....11
3.6 Structure de données table POST_DYNA associée à l'option 'USURE'....11
4 Post-traitement transitoire modal – option 'IMPACT'....12
4.1 Pratique courante de post-traitement des calculs de cœur....12
4.2 Calculs pour le post-traitement des impacts....13
4.3 Structure de données table POST_IMPACT associée à l'option 'IMPACT'....14
4.3.1 Table POST_IMPACT....14
4.3.2 Table IMPACT....14
4.3.3 Table GLOBAL....14
4.3.4 Table PROBA....15
5 Conclusion....15
6 Bibliographie....15
7 Description des versions du document....15
Annexe 1 : Exemple de table obtenue avec l'option 'IMPACT'....16

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

1 Introduction

Des développements numériques ont été réalisés dans *Code_Aster* pour permettre le calcul transitoire de structures présentant des vibrations avec choc en certains points. Dans certains cas, des forces de frottement peuvent également apparaître et conduire à un phénomène d'usure localisée.

Qu'il s'agisse d'endommagement par impact pur ou par impact-frottement, l'ingénieur souhaite accéder aux grandeurs associées à cet endommagement, ce qui nécessite un post-traitement spécifique derrière le calcul transitoire non-linéaire.

Ces informations de post-traitement sont également précieuses lorsque l'on souhaite valider le module de calcul non-linéaire en comparant ses résultats à ce qui peut être mesuré sur un banc d'essais spécifiques. Des programmes d'essais (MASSIF et MULTICHOC) ont été mis en oeuvre dans ce but et ont été les premiers utilisateurs de ces fonctionnalités de post-traitement.

L'objectif de cette note consiste à préciser les grandeurs à analyser dans les vibrations avec choc et leur spécificité. Il s'agit ensuite de déterminer les traitements statistiques appropriés à appliquer à ces signaux pour dégager des grandeurs instantanées ou moyennes les plus caractéristiques.

Dans un premier temps on verra les traitement appliqués dans le cas d'un problème avec choc et frottement (option 'USURE' de la commande POST_DYNA_MODA_T).

Le chapitre suivant sera consacré aux traitements appliqués dans le cas d'un phénomène de vibration-impact pur, où les grandeurs de chaque impact sont analysées plus finement (option 'IMPACT' de la commande POST_DYNA_MODA_T).

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

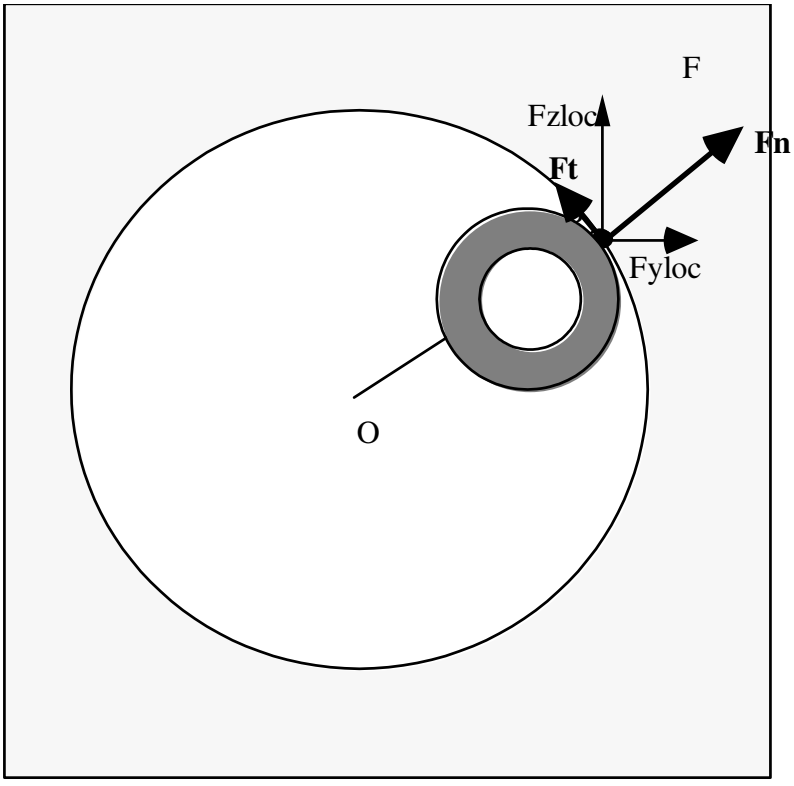
2 Grandeurs considérées dans les vibrations avec chocs

Les grandeurs primaires considérées dans les vibrations avec choc sont identiques qu'il s'agisse de mesures expérimentales ou du calcul numérique, elles concernent les forces de choc et les déplacements au niveau des points de choc. Les résultats expérimentaux présentent cependant une difficulté supplémentaire d'analyse due aux erreurs ou biais introduits par les systèmes de mesures.

Nous allons examiner successivement les deux grandeurs citées précédemment.

2.1 Forces de choc

La première préoccupation concernant les structures vibrant avec chocs est de mieux connaître les efforts reçus par la structure lors des chocs sur ses appuis avec jeux ou entre les structures. Ces données sont calculées de façon temporelle par l'algorithme de DYNA_TRAN_MODAL, elles sont ensuite archivées avec un pas défini dans ce même opérateur. Les données de choc ayant un contenu fréquentiel très important on veillera à avoir un archivage suffisant (ne pas dépasser PAS_ARCH : 10). Ces forces exprimées dans un repère local à l'obstacle $(Yloc, Zloc)$ sont traditionnellement décomposées en une partie normale à l'obstacle (Fn sur la figure ci-dessous) et une partie tangentielle (Ft) si du frottement est pris en compte entre les structures. Les conditions de choc font que la force normale de choc a un signe constant pris conventionnellement positif dans *Code_Aster*.



2.2 Déplacements de choc

Les déplacements de la structure au niveau de ses appuis avec jeu sont une autre information importante calculée. Son analyse pose cependant moins de problèmes car le contenu spectral est moins riche. Dans le cas d'obstacles circulaires ou décrits de façon polaire, une description polaire du déplacement peut être intéressante.

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

2.3 Grandeurs secondaires

2.3.1 Temps de choc

Le temps de contact entre la structure et les supports à jeux est une grandeur indirecte caractéristique du mouvement de vibration avec choc. Il peut être déduit de différentes façons, sur un critère de déplacement, de force de réaction positive. Une notion de temps de choc global, décomposé en choc élémentaire (ou rebond) sera introduite en [§3.4].

2.3.2 Grandeurs calculées

D'autres grandeurs secondaires peuvent être importantes dans l'analyse des conditions de choc, il s'agit de **l'impulsion** lors de l'impact (intégrale de la force échangée), la **puissance d'usure**, la **force maximale** lors d'un impact, ... Ces grandeurs sont spécifiques à chaque post-traitement et elles seront précisées dans les deux chapitres qui suivent pour le post-traitement option 'USURE' et 'IMPACT'.

3 Post-traitement transitoire modal – option 'USURE'

La caractérisation de mesures transitoires est le but du traitement du signal. Il nous enseigne qu'un signal est entièrement déterminé par la donnée de tous ses moments statistiques. Dans la pratique il est hors de question de calculer tous les moments statistiques, on se limite dans le post-traitement aux grandeurs calculées classiquement en traitement du signal (moyenne simple, écart type et valeur RMS). Elles sont caractéristiques des signaux que l'on souhaite analyser et comparer. Des signaux similaires devront nécessairement avoir ces premiers moments statistiques proches (la réciproque étant fausse). Les grandeurs statistiques retenues ici sont bien appropriées à l'analyse, la comparaison ou classification de signaux de vibrations sous excitation aléatoire avec des non-linéarités de choc.

Nous allons donc examiner les grandeurs moyennées et leur calcul, en distinguant les différentes grandeurs citées au chapitre précédent:

- les déplacements,
- les forces de choc,
- la détermination du contact et du temps de contact.

D'autres informations composées pourront être calculées à partir des précédentes notamment la puissance d'usure.

3.1 Traitement statistique par blocs

De façon à analyser la stationnarité des signaux et des traitements statistiques effectués sur les signaux, on réalise un découpage par blocs des signaux temporels. Ainsi la durée de post-traitement définie entre l'instant initial (INST_INIT) et l'instant final (INST_FIN) est découpée en un nombre de blocs temporels (NB_BLOC) de durée identique. Le calcul des valeurs statistiques : moyenne, écart-type, ... est effectué pour chacun des blocs, une valeur générale pour le signal pour l'ensemble des blocs est également calculée.

Dans le cas d'un calcul de réponse d'une structure à un chargement aléatoire, cette technique de calcul par blocs permet de s'assurer que la phase transitoire de calcul est terminée et que la valeur annoncée est bien stationnaire sur un temps d'observation associé à la durée du calcul.

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

3.2 Traitements statistiques appliqués aux déplacements de choc

Considérons le signal temporel $Depl_x(t)$, dont on réalise un archivage à une certaine fréquence F_{acquis} sur N points. La donnée de départ est donc un vecteur $Depl_x(i)$ à N composantes.

Le **déplacement moyen** se définit dans ce cas par :

$$\overline{Depl_x} = \frac{\sum_{1}^{N} Depl_x(i)}{N}$$

Cette valeur moyenne caractérise la valeur centrale autour de laquelle le signal de déplacement évolue. Pour les déplacements, elle permettra donc de déterminer si on observe une configuration centrée (déplacements à moyenne nulle), ou excentrée (moyenne non nulle).

La **variance du déplacement** est par définition :

$$var(Depl_x) = \frac{\sum_{1}^{N} (Depl_x(i) - \overline{Depl_x})^2}{N}$$

L**'écart type du déplacement** vaut alors :

$$\sigma(Depl_x) = \sqrt{var(Depl_x)}$$

L'écart type d'un signal caractérise sa dispersion autour de sa valeur moyenne. Un faible écart type concernera plutôt un signal avec de faibles variations d'amplitude, un fort écart type des variations plus fortes.

Pour une variable centrée c'est à dire à moyenne nulle, l'écart type est égal à la moyenne RMS du signal (Root Mean Square).

Pour une variable quelconque on définit **la moyenne RMS** du signal par :

$$RMS(Depl_x) = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N} Depl_x(i)^2}{N}}$$

Les **minimum et maximum absolus** du signal sont également une information intéressante et très simple à obtenir, qui détermine l'étendue du signal.

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

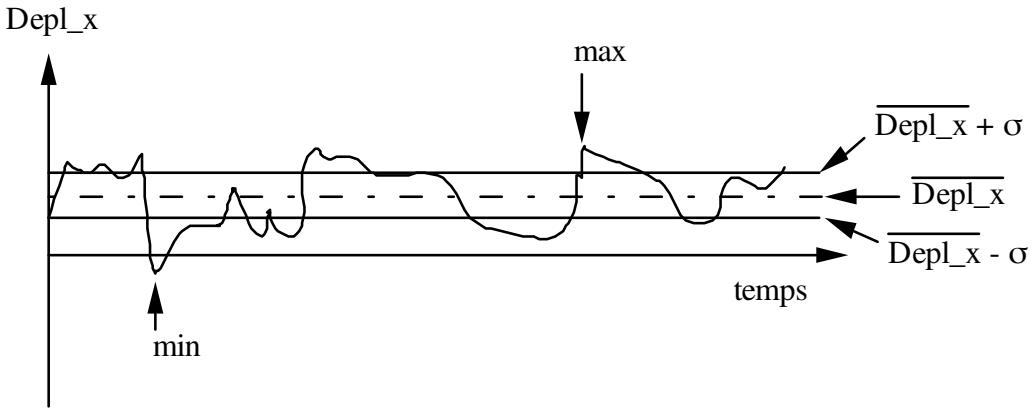


Figure 3.2-a : Exemple de signal de déplacement et visualisation des grandeurs statistiques

Une représentation polaire de l'ensemble des signaux $Depl_x$ et $Depl_y$ est également intéressante à analyser dans le cas d'un obstacle de géométrie circulaire ou voisine. Convenons d'appeler R le déplacement radial et θ le déplacement angulaire, équivalents de $Depl_x$ et $Depl_y$ en polaire.

Par définition on a :

$$R(i)=\sqrt{\overline{Depl_x(i)^2+Depl_y(i)^2}}$$
$$\theta\ (i)=Arctg\left(\frac{Depl_y(i)}{Depl_x(i)}\right)$$

Cette représentation permet entre autres choses de distinguer :

- des mouvements orbitaux avec contact permanent (déplacement radial moyen de l'ordre du jeu et écart type du déplacement radial faible),
- des mouvements d'impact pur (écart type du déplacement radial important, variation du déplacement angulaire faible),
- d'autres configurations : mouvement orbital avec impacts ...

Remarque :

Dans le repère local choisi pour les obstacles de choc, les grandeurs appelées ici $Depl_x$ et $Depl_y$ sont en fait $DYloc$ et $DZloc$, l'axe $Xloc$ ayant été choisi par convention perpendiculaire au plan de l'obstacle.

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

En résumé, l'option de post-traitement **'USURE'** de l'opérateur POST_DYNA_MODA_T déterminera pour les déplacements locaux $DYloc, DYloc, DZloc$ ainsi que pour leur décomposition polaire R et θ les grandeurs statistiques par blocs avec le principe énoncé ci-dessus :

- valeur moyenne,
- valeur RMS,
- écart-type,
- valeur minimale,
- valeur maximale.

3.3 Statistiques pour les forces de choc

On suppose disposer comme pour les déplacements d'un signal discret sur N points : $Fx_choc(i)$. Le signal obtenu devrait être composé de plages temporelles où la force de choc est nulle (pas de contact) et d'autres où la force de choc est significative (contact effectif), ce qui est le cas lors de calculs numériques. En fait, pour des signaux expérimentaux, à cause de la dynamique du système de mesure, un niveau de bruit peut être observé hors période de choc (cf [Figure 3.3-a]). Il faut donc seulement effectuer le traitement statistique lorsque le signal sort du niveau du bruit. Cela nécessite l'introduction d'un seuil de détection (**SEUIL_FORCE**) qui, bien que superflu dans le domaine numérique, a été reproduit dans le post-traitement du *Code_Aster*.

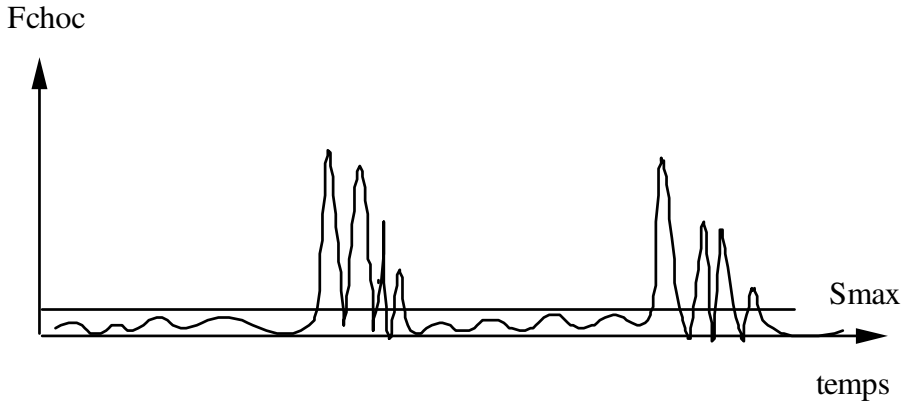


Figure 3.3-a : Exemple de signal de force de choc expérimental

Soit la valeur $Smax$, déterminant le niveau maximum du bruit considéré, on va alors calculer :

- Le **nombre d'instants en choc** :

$$Nchoc = card\left\{ i / |Fx_choc(i)| > Smax \right\}$$

- La **moyenne de force de choc** sur le **temps total** :

$$\overline{Fx_choc} = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{i/|Fx_choc(i)|>Smax}^{N} |Fx_choc(i)| \right)$$

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

- La **moyenne de force de choc** ramenée au **temps de choc** vaut :

$$Fx_choc = \overline{Fx_choc} \cdot \frac{N}{Nchoc}$$

- La **moyenne RMS de force de choc** sur le **temps total** se calcule de la façon suivante :

$$RMS(Fx_choc) = \left(\frac{1}{N} \sum_{i/|Fx_choc(i)|> S\,max}^{N} Fx_choc(i)^2 \right)^{1/2}$$

- La **moyenne RMS** ramenée au **temps de choc** vaut :

$$RMS(Fx_choc) = RMS(Fx_choc) \cdot \frac{N}{Nchoc}$$

Comme pour les signaux de déplacements, on peut également s'intéresser au **maximum ou minimum absolu** du signal de force, déterminant ainsi son étendue. Pour la force normale, le minimum est toujours égal à zéro, alors que la force tangentielle est alternée.

En résumé, l'option de post-traitement 'USURE' de l'opérateur POST_DYNA_MODA_T déterminera pour les forces de choc normales et tangentielles les grandeurs statistiques par blocs avec le principe énoncé ci-dessus :

- valeur moyenne calculée sur le temps de choc ou le temps total,
- valeur RMS calculée sur le temps de choc ou le temps total,
- valeur maximale du signal.

3.4 Statistiques pour les temps de choc

Le **pourcentage de temps de choc** est défini par :

$$\%Tchoc = Nchoc / N$$

Si l'on regarde les informations dont on dispose sur un système expérimental, le signal de force de choc est le plus approprié pour déterminer de façon précise l'occurrence d'un contact. Comme on l'a évoqué au dessus on éprouve le besoin d'introduire un niveau de bruit maximum, et de compter les phases de choc lorsque le signal dépasse ce seuil (SEUIL_FORCE).

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

Sur la figure ci-dessous, on peut distinguer une notion de **choc élémentaire** déterminé comme un passage successif au dessus puis au dessous du seuil, et une notion plus générale de **choc global**, rassemblant plusieurs chocs élémentaires séparés par de courts instants de retour sous le seuil.

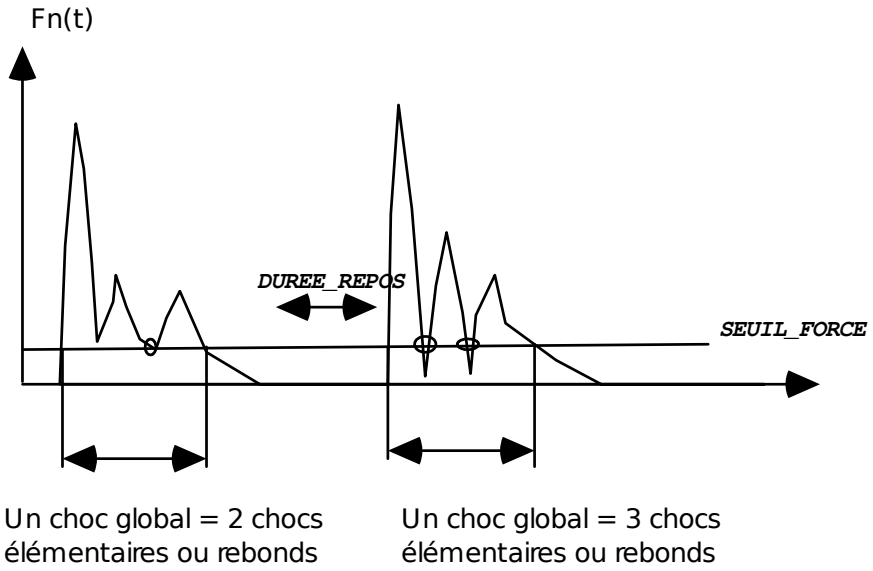


Figure 3.4-a

On introduit donc un temps caractéristique de repos Tr (**DUREE_REPOS**) ; la fin d'un temps de choc global se produisant si le signal reste pendant un temps au moins supérieur à Tr au repos. Cette notion de temps caractéristique de repos Tr est bien entendue assez floue et devra être déterminée par l'utilisateur au vu des résultats transitoires. Elle est néanmoins essentielle car elle seule permet de rassembler un train d'impact très rapproché constituant en fait une seule phase de contact.

La notion de temps de choc élémentaire étant définie, le traitement statistique sur le temps de choc consistera à déterminer les informations suivantes:

- **nombre de chocs élémentaires** : Nb_choc_elem
- **nombre de chocs globaux** : Nb_choc_glob
- **nombre de chocs élémentaires par choc global** : $\frac{Nb_choc_elem}{Nb_choc_glob}$
- **temps de choc élémentaire moyen** :

$$\bar{T}_{choc_elem}=\frac{Nchoc\cdot\Delta t}{Nb_choc_elem}$$

- **temps de choc global moyen**

$$T_{choc_glob}=\frac{Nchoc\cdot\Delta t}{Nb_choc_glob}$$

- **temps de choc global maximal** le plus grand temps de choc global constaté sur le bloc analysé.

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

En résumé, l'option de post-traitement **'USURE'** de l'opérateur POST_DYNA_MODA_T déterminera pour les temps de choc les grandeurs statistiques par blocs avec le principe énoncé ci-dessus :

- valeur moyenne du temps de choc global,`
- valeur maximale du temps de choc global,
- valeur moyenne du temps de choc élémentaire,
- le nombre de chocs globaux par seconde,
- le nombre de chocs élémentaire moyen par choc global.

3.5 Puissance d'usure

La grandeur calculée généralement dans les vibrations avec choc et frottement est la puissance d'usure définie par ARCHARD [bib1], qui traduit la puissance moyenne développée par les forces de frottement lors du mouvement. Ces forces sont le moteur de l'usure par friction. La puissance d'usure dans le cas de signaux discrets se calcule comme suit :

$$\overline{P_{usure}} = \frac{\sum_{i/|Fn|>S\,max}^{N} |Fn(i)\cdot Vt(i)|}{N}$$

Cette puissance peut par exemple être corrélée à une usure ou enlèvement de matière par l'intermédiaire d'un coefficient d'usure K_T par une relation du type : $V(T)=K_T * P_{usure} * T$ où $V(T)$ est le volume enlevé pendant la durée T.

D'autres lois d'usure plus sophistiquées peuvent être utilisées dans un autre opérateur de post-traitement : POST_USURE décrit dans [R7.01.10].

3.6 Structure de données table POST_DYNA associée à l'option 'USURE'

Une structure de type table pour l'option **USURE** de l'opérateur POST_DYNA_MODA_T rassemble les résultats précédemment décrits.

Cette table contient le noms des sous-tables de résultats statistiques associées aux différentes grandeurs analysées : déplacements, forces de choc, comptage des chocs et puissance d'usure.

Les variables d'accès de cette table sont au nombre de 10 :

- **pour les variables déplacement** : DEPL_X, DEPL_Y, DEPL_Z, DEPL_RADIAL, DEPL_ANGULAIRE, qui correspondent respectivement aux déplacements en X, Y et Z local et leur décomposition cylindrique dans le plan de l'obstacle.
- **pour les variables forces de choc** : FORCE_NORMALE, FORCE_TANG_1, FORCE_TANG_2, qui correspondent respectivement aux forces normales, tangentielles à l'obstacle la première étant dans le plan de l'obstacle, la seconde orthogonale au plan de l'obstacle.
- **pour les variables comptage de choc** : STAT_CHOC.
- **pour la variables puissance d'usure** : PUIS_USURE.

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

Les sous tables associées aux 10 grandeurs ci-dessus, contiennent un certain nombre de variables d'accès pour chaque liaison de choc :

- **pour les variables déplacement** : MOYEN, ECART_TYPE, RMS, MAXI, MINI, qui correspondent respectivement aux valeurs moyenne, écart-type, valeur RMS ou efficace, valeur maximale et minimale de la variable déplacement correspondante.
- **pour les variables forces de choc** : MOYEN_T_TOTAL, MOYEN_T_CHOC, RMS_T_TOTAL, RMS_T_CHOC, MAXI, qui correspondent respectivement aux valeurs moyenne sur le temps total, moyenne sur le temps de choc, valeur RMS ou efficace moyenne sur le temps total, valeur RMS ou efficace sur le temps de choc, valeur maximale de la variable force correspondante.
- **pour les variables de comptage des chocs** : NB_CHOC_S, NB_REBON_CHOC, T_CHOC_MOYEN, T_CHOC_MAXI, T_CHOC_MINI, T_REBON_MOYEN, %_T_CHOC, qui correspondent respectivement aux valeurs du nombre de chocs par seconde, du nombre de rebonds par choc, du temps de choc moyen, temps de choc maximal, temps de choc minimal, temps de rebond moyen et pourcentage de temps de choc.
- **pour la variable puissance d'usure** : PUIS_USURE qui correspond à la puissance d'usure calculée selon ARCHARD.

4 Post-traitement transitoire modal – option 'IMPACT'

4.1 Pratique courante de post-traitement des calculs de cœur

Le SEPTEN a utilisé, antérieurement au développement du post-traitement dans *Code_Aster*, pour ses besoins de vérification de dimensionnement, le code CLASH [bib2] développé par la BELGONUCLEAIRE. Ce logiciel calcule la réponse sismique d'une file d'assemblages. Ce code fournit un ensemble d'informations détaillées pour chaque point de choc et pour chaque impact.

Chaque résultat consiste en un tableau par point de choc dont un exemple est en Annexe 1. Ce tableau comporte les informations suivantes :

- l'instant du pic d'impact,
- la force maximale d'impact atteinte,
- l'impulsion échangée, définie comme l'intégrale de la force de choc sur le temps,
- la durée totale du choc,
- la vitesse relative avant impact.

Ces éléments sont particulièrement intéressants pour le SEPTEN car outre l'information contractuelle très limitée, ils permettent de connaître le nombre et la composition des impacts, ainsi que des grandeurs physiques essentielles qui leurs sont associées. La vitesse relative avant impact, l'impulsion sont par exemple des informations très précieuses dans la spécification de tests expérimentaux de flambage dynamique des grilles d'assemblages.

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

4.2 Calculs pour le post-traitement des impacts

On considère comme pour le post-traitement précédent que les conditions d'impact sont déterminées comme précédemment par dépassement d'une force seuil $Smax$ et l'on distingue de la même façon choc global et choc élémentaire par la notion de temps de repos.

Le calcul réalise une boucle sur toutes les non-linéarités de choc et un traitement identique pour chacune.

Ensuite pour chaque choc global identifié, on déterminera les grandeurs suivantes:

- Temps de début de choc : $T_{début}$ tel que $F_{choc}(T_{début}) > S_{max}$
- Temps de fin de choc global :

$$T_{fin} \text{ tel que } F_{choc}(T_{fin}) \leq S_{max}, F_{choc}(T_{fin} - \Delta t) \geq S_{max}$$
$$\text{et } \forall t \in [T_{fin}, T_{fin} + T_{repos}] F_{choc}(t) \leq S_{max}$$
$$\text{où } \Delta t \text{ est le pas de temps d'intégration}$$

- Durée totale du choc : $T_{choc} = T_{fin} - T_{début}$
- Maximum de force lors du choc : $F_{max} = max_{T \in [T_{début}, T_{fin}]}(F_{choc}(t))$
- L'instant du maxima de force de choc,
- L'impulsion échangée lors du choc : $I = \int_{t=T_{début}}^{T_{fin}} F_{choc}(t) \cdot dt$
- La vitesse normale relative avant impact : $V_{choc} = V(T_{début} - \Delta t)$
- Le nombre d'impacts élémentaires cumulés dans le choc global :

$$N_{impacts élémentaires} = card\left\{ t \in [t_{début}, T_{fin}] / F_{choc}(t) > S_{max} \text{ et } F_{choc}(t + \delta t) \leq S_{max} \right\}$$

De façon à synthétiser l'information, on déterminera en plus :

- le maximum absolu de force de choc, sur une liaison de choc donnée, pour la durée d'analyse,

  Le maximum de force de choc pour être déterminé plus précisément ne sera pas obtenu comme le max en temps sur l'ensemble des chocs pour chaque noeud de choc (pour éviter le biais de la précision de l'archivage) mais déterminé dans le calcul transitoire sur tous les pas de calcul et archivé dans le concept résultat **tran_gene**. C'est cette information qui sera utilisée.

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

- la valeur moyenne des extréma de force de choc ainsi que leur écart-type.
- un histogramme de la densité de probabilité des forces maximales d'impacts.

  Cet histogramme sera relativement sommaire et donnera pour N_C classes la densité de probabilité de la force maximale de choc.

  Les classes seront définies de la façon suivante :

$$classe_{i=1..N_C} = \left\{ F_{max} / \frac{i-1}{N_C} F_{max}^{absolu} \leq F_{max} \leq \frac{i}{N_C} F_{max}^{absolu} \right\}$$

4.3 Structure de données table POST_IMPACT associée à l'option 'IMPACT'

4.3.1 Table POST_IMPACT

Une structure de données de type table pour l'option **IMPACT** de l'opérateur POST_DYNA_MODA_T de *Code_Aster* est produite.

La structure de résultat sera une table indicée par les noms de liaisons de choc, de type **POST_IMPACT,** contenant des noms de tables qu'elle contient.

Le contenu de chaque cellule de cette table est un nom de table stocké en CHARACTER*24. Trois types de table sont contenus : une table dite IMPACT, une table dite GLOBAL et une table dite PROBA.

Elle possède donc 3 paramètres : **IMPACT**, **GLOBAL** et **PROBA**. La variable d'accès correspond au nom de la liaison de choc considérée.

4.3.2 Table IMPACT

La table IMPACT est de type **TABL_IMPACT** et possède 6 paramètres d'accès : **INST**, **F_MAX**, **T_CHOC**, **IMPULS**, **V_IMPACT**, **NB_IMPACT**.
Le contenu de chaque cellule de cette table est un **REAL*8**.

4.3.3 Table GLOBAL

La table GLOBAL est de type **TABL_FMAX** et possède 3 paramètres d'accès :

- **F_MAX_ABS**, qui permet d'accéder au maximum absolu de force de choc sur tous les chocs constatés,
- **F_MAX_MOY**, qui permet d'accéder à la valeur moyenne des maxima de force de choc constatés,
- **F_MAX_ETYP**, qui permet d'accéder à l'écart-type des extrema de forces de choc.

Le contenu de chaque cellule de cette table est un **REAL*8**.

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

4.3.4 Table PROBA

La table PROBA est de type **TABL_HISTO** et possède 3 paramètres d'accès :

- **DEBUT**, qui permet d'accéder à la valeur de force minimale de la classe i ,
- **FIN**, qui permet d'accéder à la valeur de force maximale de la classe i ,
- **PROBA**, qui permet d'accéder à la densité de probabilité de la variable force maximale pour la classe i .

Le contenu de chaque cellule de cette table est un REAL*8.

5 Conclusion

On a présenté dans ce document les méthodes de post-traitement applicables aux transitoires avec choc calculés par synthèse modale sur des structures avec jeu. Selon les préoccupations, on peut réaliser un post-traitement orienté vers un diagnostic de l'usure subie par les composants lors des chocs, un ensemble de grandeurs statistiques importantes sont alors déterminées. Si la préoccupation concerne plutôt les impacts et leur niveau, une autre option permet une analyse détaillée de chaque impact.

Ces deux fonctionnalités permettent de synthétiser les résultats transitoires obtenus par intégration temporelles, de classifier par niveau de sévérité des simulations numériques différentes ou de comparer à des fins de validation des grandeurs calculées et mesurées.

6 Bibliographie

1) ARCHARD J.F. et HIRST W. : The wear of metals under unlubrificated conditions - Proc. Roy. Soc. (1956).

2) J.P. FABRY, A. DECAUWERS : Code CLASH - Etude Sismique d'une rangée d'assemblages REP.

7 Description des versions du document

Version Aster	Auteur(s) Organisme(s)	Description des modifications
3	*G.JACQUART*- EDF-R&D/AMV	Texte initial

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

Annexe 1 : Exemple de table obtenue avec l'option 'IMPACT'

```
#------------------------------------------------------------------------------
#
#ASTER 10.03.00 CONCEPT dynachoc CALCULE LE 11/03/2011 A 17:47:02 DE TYPE
#TABLE_SDASTER
```

INTITULE	NOEUD	CALCUL	CHOC	INSTANT	F_MAX
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	1	4.99500E-02	3.89961E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	2	5.50500E-02	3.59805E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	3	1.19750E-01	6.22654E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	4	1.20900E-01	2.72275E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	5	1.29750E-01	3.99908E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	6	1.30900E-01	1.29756E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	7	1.39500E-01	4.01287E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	8	2.33900E-01	3.40404E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	9	2.58100E-01	5.35569E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	10	3.64750E-01	5.97765E+03
CLOAS_2G	N1150	IMPACT	11	4.36300E-01	1.43427E+03

INTITULE	NOEUD	IMPULSION	T_CHOC	V_IMPACT	NB_IMPACT
CLOAS_2G	N1150	1.10221E+00	4.50000E-04	-4.91957E-01	1
CLOAS_2G	N1150	1.99430E+01	8.00000E-03	-9.78335E-02	1
CLOAS_2G	N1150	1.86814E+00	5.00000E-04	-7.36592E-01	1
CLOAS_2G	N1150	8.43181E+00	4.30000E-03	-9.18914E-02	1
CLOAS_2G	N1150	1.35933E+00	5.50000E-04	-4.88723E-01	1
CLOAS_2G	N1150	1.00883E+00	1.70000E-03	-4.32639E-02	1
CLOAS_2G	N1150	3.22593E+00	2.60000E-03	-4.30045E-01	1
CLOAS_2G	N1150	1.48165E+01	6.65000E-03	-4.09494E-01	1
CLOAS_2G	N1150	2.26770E+01	7.75000E-03	-5.64720E-01	1
CLOAS_2G	N1150	2.27097E+01	6.80000E-03	-5.53400E-01	1
CLOAS_2G	N1150	4.80676E+00	7.80000E-03	-1.68167E-01	1

INTITULE	NOEUD	CALCUL	F_MAX_ABS	F_MAX_MOY	F_MAX_ETYPE
CLOAS_2G	N1150	GLOBAL	6.22654E+03	3.81165E+03	1.54804E+03

INTITULE	NOEUD	CALCUL	CLASSE	DEBUT	FIN	PROBA
CLOAS_2G	N1150	PROBA	1	1.29756E+03	1.79046E+03	1.81818E-01
CLOAS_2G	N1150	PROBA	2	1.79046E+03	2.28336E+03	0.00000E+00
CLOAS_2G	N1150	PROBA	3	2.28336E+03	2.77626E+03	9.09091E-02
CLOAS_2G	N1150	PROBA	4	2.77626E+03	3.26915E+03	0.00000E+00
CLOAS_2G	N1150	PROBA	5	3.26915E+03	3.76205E+03	1.81818E-01
CLOAS_2G	N1150	PROBA	6	3.76205E+03	4.25495E+03	2.72727E-01
CLOAS_2G	N1150	PROBA	7	4.25495E+03	4.74785E+03	0.00000E+00
CLOAS_2G	N1150	PROBA	8	4.74785E+03	5.24074E+03	0.00000E+00
CLOAS_2G	N1150	PROBA	9	5.24074E+03	5.73364E+03	9.09091E-02
CLOAS_2G	N1150	PROBA	10	5.73364E+03	6.22654E+03	1.81818E-01

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