CSMA 2011
10e Colloque National en Calcul des Structures
9-13 mai 2011, Presqu'île de Giens (Var)

Une méthode MultiMaillages MultiPhysiques parallèle pour accélérer les calculs des procédés multiphysiques incrémentaux

M. Ramadan[1], L. Fourment[1], H. Digonnet[1]

[1] *CEMEF, Mines ParisTech, France,ingenieur_ramadan@yahoo.fr, {lionel.fourment,hugues.digonnet}@mines-paritech.fr*

1 Introduction

L'utilisation de la simulation numérique pour le calcul de structure remonte aux années 70 et depuis elle s'est déployée progressivement jusqu'à ce devenir un outil indispensable dans l'industrie mécanique en général et dans la mise en forme des matériaux en particulier. L'attraction à la simulation numérique est motivée par les avantages qu'elle offre :

1- Elle réduit le coût et le temps de fabrication en remplaçant les essais expérimentaux, tout particulièrement lorsque le matériau est un alliage au prix très élevé, ou que la pièce est de très grandes dimensions.

2- Elle fournit une large gamme qualitative et quantitative d'informations que l'on ne peut pas obtenir par d'autres outils, surtout au niveau de l'histoire de certaines variables comme la déformation généralisée $\bar{\varepsilon}$, qui sont indispensables pour l'étude microstructurale de la pièce fabriquée.

Cependant, la simulation numérique a un inconvénient qui est le temps de calcul élevé dans le cas des procédés incrémentaux.

Du point de vue de l'analyse numérique, la simulation des procédés incrémentaux (typiquement le procédé de martelage représenté sur la Figure 1) ne pose pas de difficultés particulières : à chaque incrément de temps, les déformations sont relativement simples et faciles à simuler avec tout logiciel adapté aux grandes transformations. La difficulté vient des temps de calcul qui résultent du très grand nombre d'opérations à simuler. Le temps de calcul d'une simulation de martelage ou d'un autre procédé incrémental similaire peut prendre des semaines voire des mois.

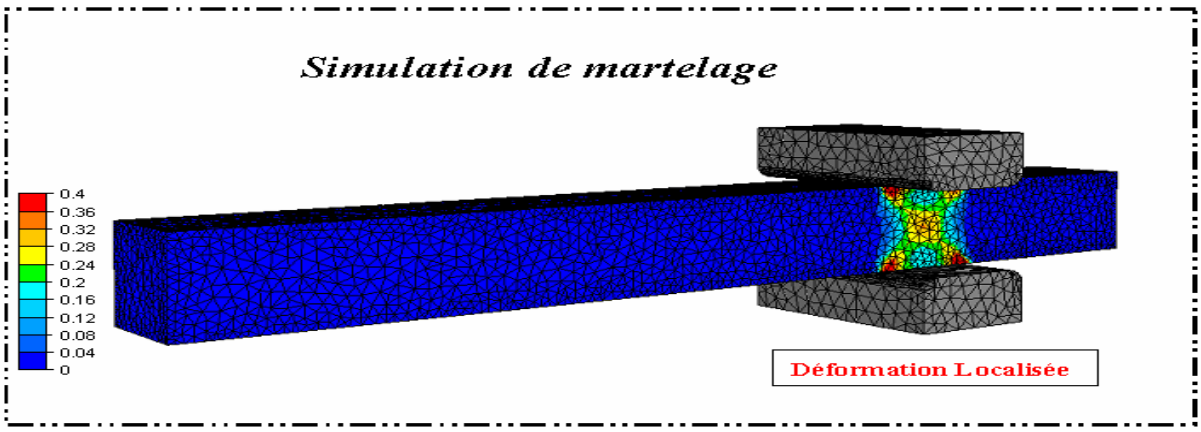

FIG. 1 – Simulation de martelage

Il s'avère donc nécessaire de développer une méthode numérique pour réduire les temps de calcul.

2 La méthode MultiMaillages MultiPhysiques (MMMP)

Le principe de la méthode MMMP [1], [2] consiste à ne pas utiliser le même maillage pour tous les problèmes physiques posés sur le même domaine, mais à associer à chaque problème un maillage « optimal » appelé « Maillage de Calcul » et adapté aux caractéristiques propres de cette physique. Le nombre de Maillages de Calcul est donc égal au nombre de problèmes résolus simultanément sur le domaine en question. En plus de ces Maillages, nous utilisons un maillage de support, appelé « Maillage Référence ». Il a la propriété d'être plus fin ou aussi fin que tous les autres maillages, en tout point du domaine. Aucun calcul n'est effectué sur le Maillage Référence, trop imposant. En revanche, il est suffisamment raffiné pour recevoir les résultats des différents Maillages de Calcul sans perte d'information. Ce maillage peut être considéré comme la « banque » de données où les Maillages de Calcul déposent leurs résultats. Cette banque « finance » les Maillages de Calcul en leur fournissant les résultats dont ils ont besoin. Nous pouvons aussi considérer la méthode MMMP, comme une technique d'accélération de la méthode de résolution sur le Maillage Référence, en recourant à des projections sur le maillage propre à chaque physique avant toute résolution, puis en procédant ensuite à une interpolation des résultats sur le Maillage Référence.

3 Résultats

Comme application on considère la simulation de martelage (Figure 1). Pour étudier la précision de la méthode MMMP, on compare les résultats d'un calcul MonoMaillage (calcul fait sur le maillage le plus fin seulement) à ceux de la méthode MMMP. Les résultats sont parfaitement identiques (comme on peut le voir sur la Figure 2 qui montre la composante v_x de la vitesse obtenue par le calcul Monomaillage (haut) et le calcul MMMP (bas)).

FIG. 2 –Vitesse : v_x, vue de face: calcul MonoMaillage (haut), calcul MultiMaillages (bas)

L'accélération MMMP est excellente, elle varie entre 4 et 18 en fonction du nombre de degrés de liberté, du nombre d'incréments et de la configuration de calcul. En parallèle elle chute un peu puisque le Maillage Mécanique du calcul Multimaillages a moins de degrés de liberté que le Maillage du calcul Monomaillage, cependant la méthode continue à nous offrir des accélérations même sur un très grand nombre de processeurs.

Références

[1] M. Ramadan, L. Fourment, H. Digonnet. *A parallel two mesh method for speeding-up processes with localized deformations: application to cogging*. International Journal of Material Forming, vol.2, no1, page581-page584, 2009.

[2] M.Ramadan. *Une méthode MultiMaillages MultiPhysiques parallèle pour accélérer les calculs des procédés multiphysiques incrémentaux.* Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de paris, 2010.