

CHAPITRE 9

Création d'un nouveau maillage



9.1. Introduction

9.2. Correction du contour de la pièce

9.3. Maillage à l'intérieur du contour

9.4. Génération des éléments de contact

9.5. Autres données

9.6. Renumérotation automatique

9.7. Conclusion

9.1. INTRODUCTION

Suite à l'analyse des estimateurs d'erreur et/ou des critères géométriques de remaillage, la décision de remailler a été prise et un nouveau maillage doit être créé. Le problème se pose de la façon suivante. Soient :

- *un contour C déterminé par l'analyse précédente :*
ce contour est soit obtenu directement par les éléments simulant la pièce, soit le plus souvent est le contour corrigé pour tenir compte de la forme exacte des matrices en contact avec la pièce (les justifications de cette approche seront fournies au chapitre 10 lors de l'interpolation des contraintes de contact).

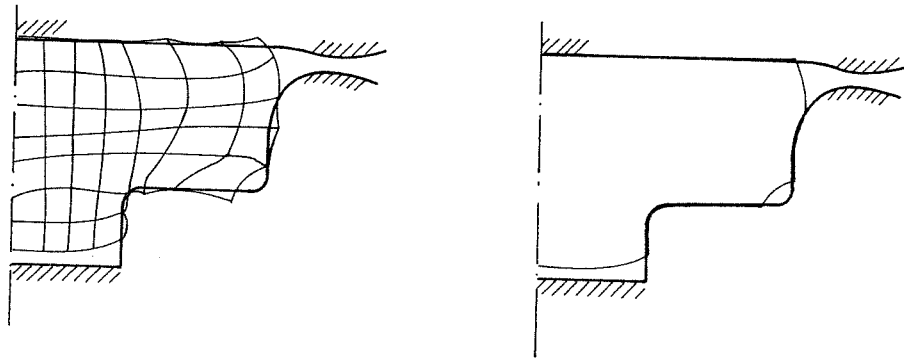


Figure 9.1. - *Résultat d'une simulation de formage :*
a. sans correction du contour - b. avec correction du contour.

- *une densité nodale D suggérée par les estimateurs d'erreur locaux (8.77), (8.78.d), (8.79.d), (8.85.d) et/ou les critères géométriques .*

Il faut trouver un maillage du contour C respectant la densité nodale D. Une étude bibliographique restreinte fut réalisée. L'article récapitulatif de KIKUCHI (MAI 1) permet de distinguer deux approches :

- l'approche "*mathématique*" courante pour les problèmes de fluides pour lesquels les frontières sont de formes simples. On recourt à des fonctions potentielles ou des équations elliptiques ... ;
- l'approche "*géométrique*" mieux adaptée au problème des forgerons car

elle traite les frontières de forme complexe. Elle est basée sur les caractéristiques des éléments, la densité nodale désirée ...

Dans ce dernier type de méthode, pour obtenir un maillage de densité variable, la technique classique consiste à diviser le domaine en sous-régions à densité constante (MAI 2, 4, 6, 7). Dans ce cas, les frontières internes apparaissent généralement dans le maillage final, la densité varie de manière discontinue et il est difficile de réaliser automatiquement la division en sous-domaines.

Une autre approche, plus récente (MAI 8 et 10) est basée sur la technique de "*quadtree*" ou "*modified quadtree*", elle permet une augmentation de la densité au voisinage de singularités locales du domaine. Ici aussi, les variations de densité obtenues sont assez brusques. Elles peuvent toutefois être adoucies par un algorithme de régularisation du maillage (MAI 9) (par exemple en déplaçant chaque noeud interne au barycentre de ceux qui lui sont connectés).

Enfin, dans les techniques de génération de mailles par couches successives le long des frontières (MAI 3, 5), les variations de densité sont entièrement déterminées par la disposition des noeuds sur le contour du domaine.

C'est également le cas pour la méthode de génération automatique des noeuds internes développée dans (MAI 9).

Un mailleur automatique bidimensionnel a été récemment développé aux services M.S.M. de l'Université de Liège (MAI 11). Il peut générer des éléments triangulaires et/ou quadrilatéraux du premier ou du second degré. Il possède les propriétés suivantes :

- a. le maillage généré peut avoir une densité variable arbitrairement imposée par l'utilisateur, y compris à l'intérieur du domaine ;
- b. on peut imposer, du moins approximativement, le nombre d'éléments souhaités. De la sorte, on peut exercer un certain contrôle sur le nombre de degrés de liberté du système discrétisé et, par conséquent, sur le temps de calcul nécessaire pour le résoudre ;
- c. le mailleur peut respecter des noeuds imposés a priori sur une partie du contour du domaine, car le domaine à mailler peut n'être qu'une partie du domaine étudié et donc avoir une frontière commune avec un autre domaine déjà discrétisé.

Dans ce cas, il faut évidemment que, le long de celle-ci, les éléments générés utilisent les noeuds existants et ceux-là seulement (c'est-à-dire sans créer de noeuds supplémentaires entre ceux qui existent déjà) ;

- d. le maillage est entièrement automatique. Les données nécessaires sont peu nombreuses. Elles sont fournies directement par l'utilisateur en cas d'un premier maillage, ou déduites de l'analyse précédente en cas de remaillage. Dès que ces données sont connues du programme de maillage, il génère tous les noeuds et les éléments sans requérir d'intervention de la part de l'utilisateur.

Quelques exemples de maillages obtenus à l'aide de ce programme sont donnés

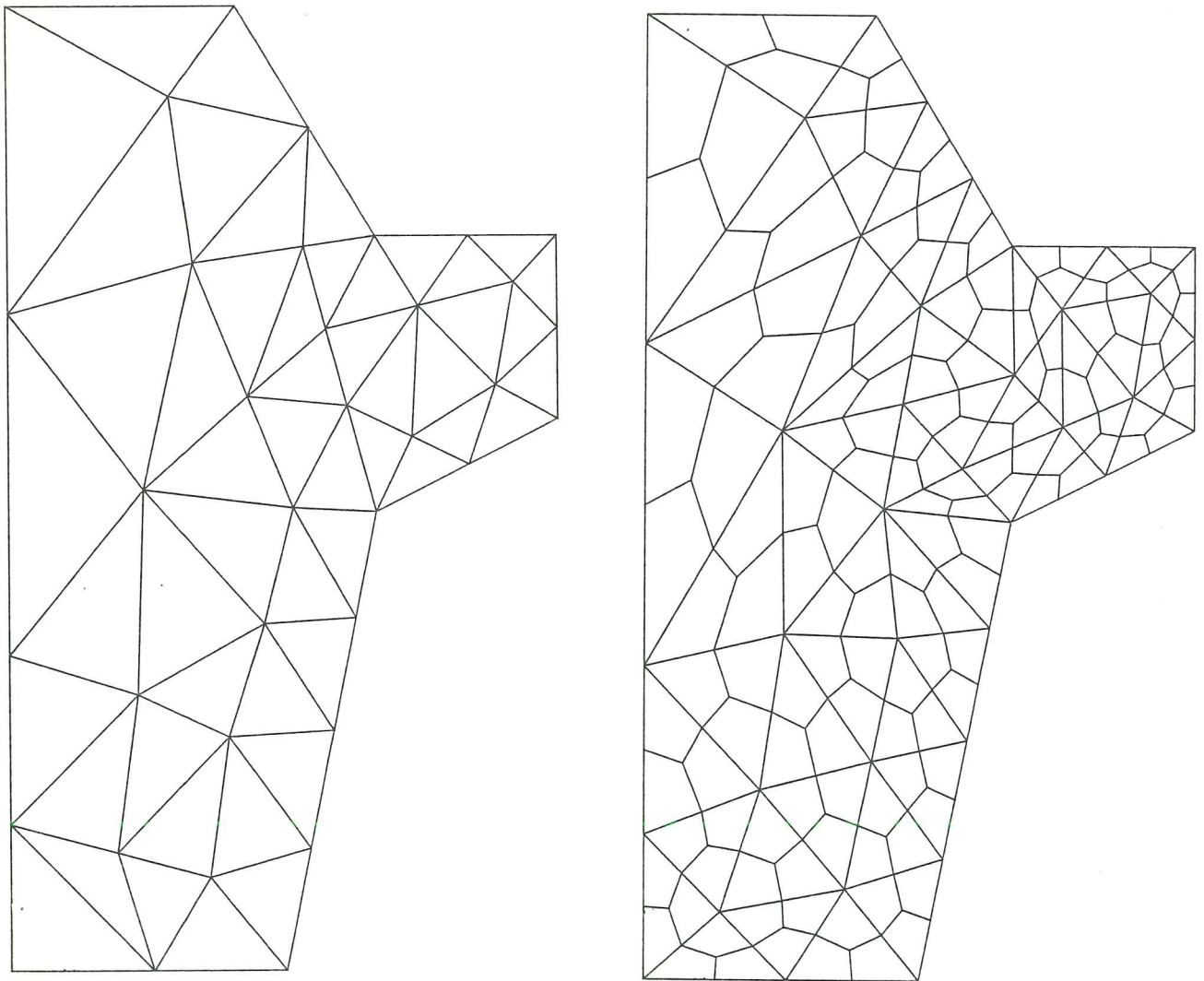


Figure 9.2. - Maillages créés par le mailleur MAIL 2D

Ce mailleur, appelé MAIL2D n'est disponible que depuis octobre 1988 et son intégration dans le programme LAGAMINE pour obtenir un remaillage entièrement automatique est en cours.

Toutefois, afin de pouvoir étudier et résoudre les problèmes liés au remaillage (autres que la génération du nouveau maillage proprement dit), nous avons dû développer un outil de travail nous permettant de réaliser nos remaillages. Il est spécialement adapté au traitement d'éléments finis quadrilatéraux du second degré (éléments PL8LS) et des éléments de contact correspondants. Cet outil interactif appelé REMDATA est plus qu'un mailleur puisqu'il génère un jeu complet de donnée contenant aussi bien les coordonnées des noeuds et la description des éléments que les fixations, les déplacements imposés, les caractéristiques des matériaux, une matrice qui associe les numéros d'équations aux degrés de libertés de façon à minimiser la largeur de bande ...

Une description complète de REMDATA est disponible en REM4 et REM5. Nous nous contentons ici d'exposer sur un exemple les problèmes spécifiques au remaillage.

9.2. CORRECTION DU CONTOUR DE LA PIECE

A partir des données de la simulation numérique précédente, le programme détermine le contour de la pièce (voir annexe 2). Comme indiqué précédemment, ce contour doit être corrigé pour prendre en compte la forme exacte de la matrice et éliminer les erreurs introduites par la discrétisation (fig. 9. 1). Dans ce but, l'utilisateur localise approximativement les points de début et de fin de contact. Le programme calcule alors les coordonnées exactes de ces points (points A, B, C, D, E, F sur la fig. 9.3) et substitue les portions de contour de la matrice AB, CD, EF aux portions de contour de la pièce correspondante. On dispose ainsi du contour C à mailler.

9.3. MAILLAGE A L'INTERIEUR DU CONTOUR

A l'intérieur du contour C, le maillage est réalisé de manière interactive en divisant le domaine en zones quadrilatérales comme le montre la figure 9.3. Des zones de transition permettent de raffiner le maillage là où c'est nécessaire, mais c'est l'utilisateur qui décide du raffinement. Enfin, une attention particulière est donnée au traitement des zones pour lesquelles un ou plusieurs côtés appartiennent au contour de la pièce (voir annexe 2).

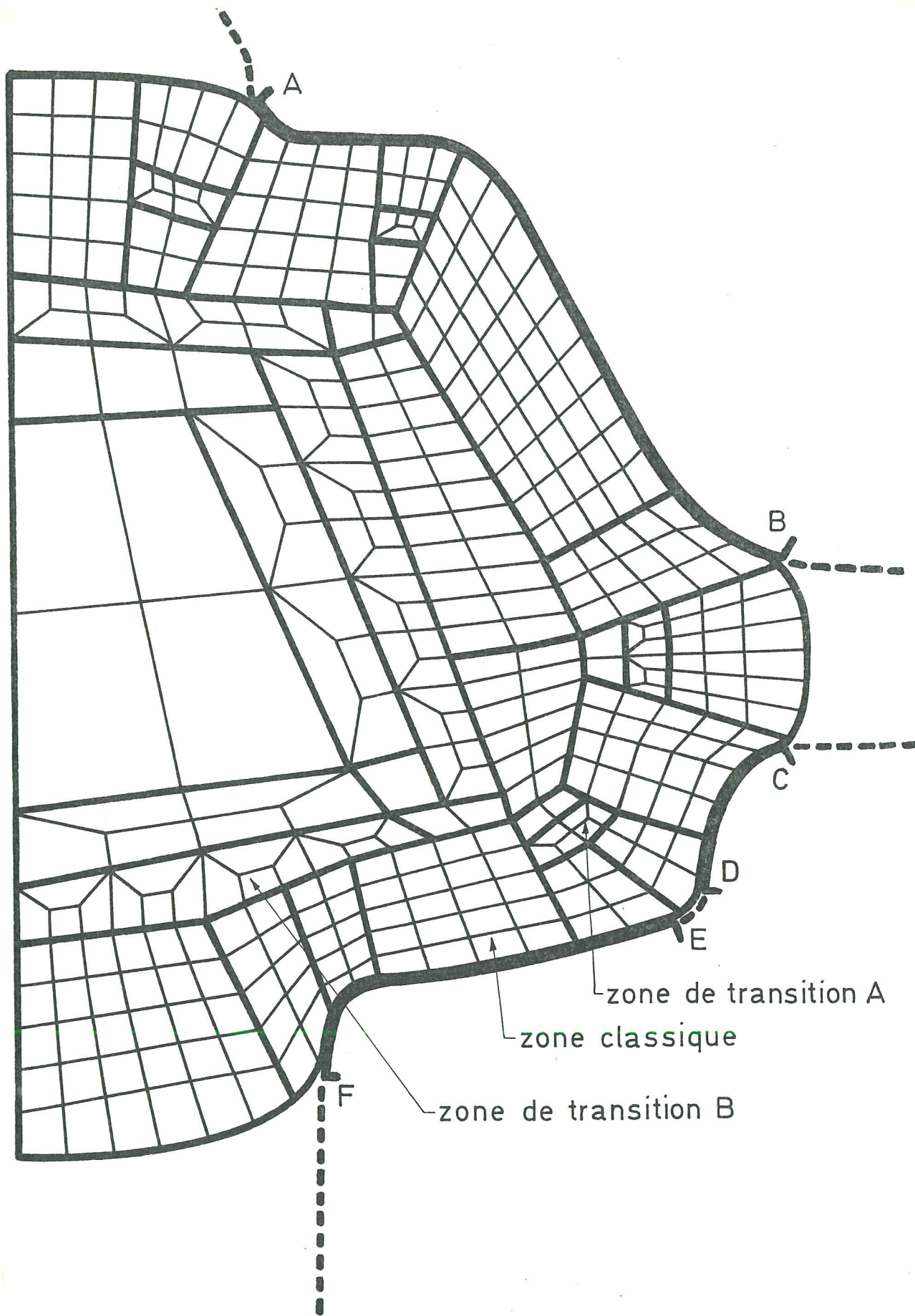


Figure 9.3.- Nouveau maillage créé à l'aide du programme REMDATA

9.4. GENERATION DES ELEMENTS DE CONTACT

Les éléments de contact utilisés dans LAGAMINE sont des éléments définis par 3 noeuds connectés au contour du solide discrétisé et par une série de noeuds supplémentaires définissant la portion de matrice avec laquelle le contact est susceptible de s'établir. Leur formulation est décrite dans l'annexe 3.

Lors du remaillage, les noeuds définissant la matrice sont repris tels quel et la création des éléments de contact nécessite les indications suivantes de la part de l'utilisateur (fig. 9.4) :

- subdivision du contour de la matrice en portions
- repérage des bords de zones susceptibles d'entrer en contact avec chaque portion.

Les éléments de contact correspondants sont alors générés automatiquement.

N.B. L'utilisateur peut spécifier si une partie ou la totalité du bord d'une zone est concernée.

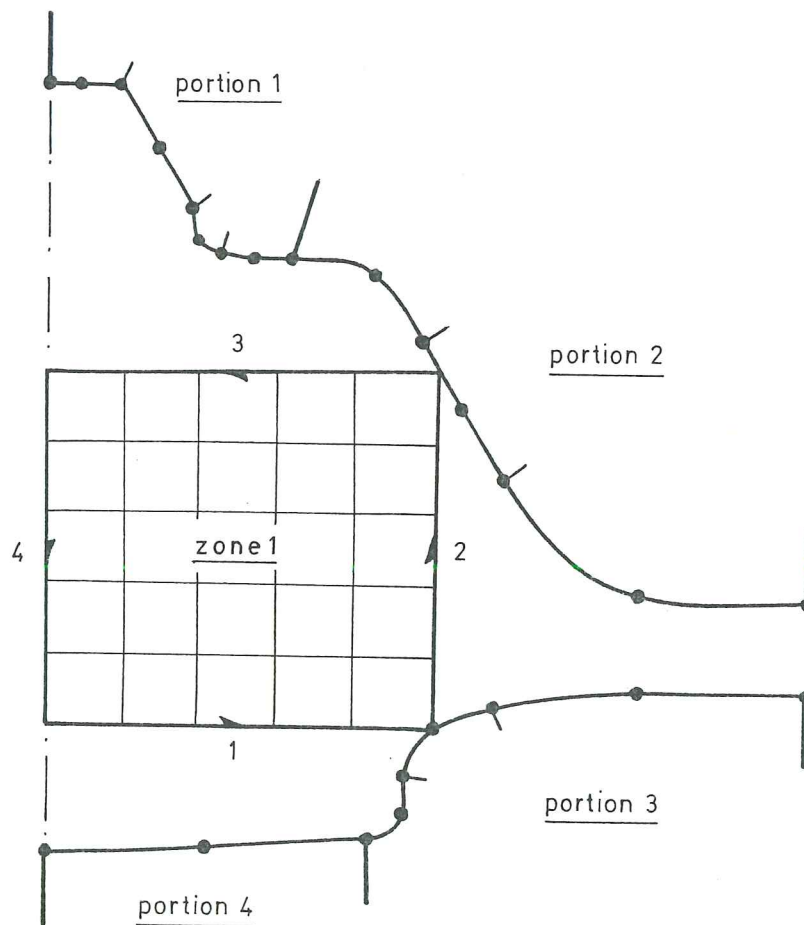


Figure 9.4.- Illustration de portions de contour des matrices et des bords de zone.

9.5. AUTRES DONNEES

Les déplacements, les forces imposées et les codes de fixation relatifs à la pièce sont également définis en fonction des bords des zones. Les conditions de blocages et de déplacements de la matrice sont reprises par le programme dans les données de l'analyse précédente. Il en est de même pour les paramètres décrivant les matériaux.

9.6. RENUMEROTATION AUTOMATIQUE

La génération interactive des éléments solides et des éléments de contact fournit un maillage dont la numérotation doit être optimisée afin de réduire la largeur de bande du système d'équations à résoudre. Cette tâche est effectuée automatiquement dans REMDATA. La méthode employée est celle de la tache d'huile (EF31).

9.7. CONCLUSION

Le programme REMDATA nous a permis de créer de façon interactive les nouveaux maillages dans les divers exemples de remaillage traités. Son utilisation dans un processus de remaillage entièrement automatique implique la disparition des données fournies par l'utilisateur.

La substitution du mailleur MAIL2D à la division interactive en zones quadrilatérales permettra de réduire fortement le volume des données nécessaires. Par ailleurs, le respect des densités nodales suggérées par les estimateurs d'erreur seront prises en compte automatiquement. Le problème de la localisation d'un noeud sur le contour est également présent dans le programme MAIL2D, et l'on pourra récupérer le bénéfice du travail effectué à ce sujet dans le programme REMDATA.

Actuellement, les points de début et de fin de contact sont localisés approximativement par l'utilisateur. Dans les développements nécessaires au transfert des pressions de contact, un algorithme qui repère les zones de contact a été élaboré (chapitre 10). Son intégration dans REMDATA évitera donc l'intervention d'un utilisateur pour obtenir le contour corrigé.

Les données concernant les éléments de contact pourront être simplifiées grâce à une version améliorée de cet élément, que nous esquisserons au chapitre 10.

Dans le cadre du formage, toutes les données concernant les blocages et les déplacements de matrices peuvent être obtenues à partir de l'ancien maillage ou d'informations simples stockées à l'avance.

Exemple :

- les noeuds sur l'axe Y sont bloqués selon X (cas axisymétrique)
- la matrice supérieure subit un déplacement selon Y

Pour chaque remaillage, l'utilisateur définit également un nombre maximum de noeuds admissible.

En conclusion, on peut dire que tous les éléments nécessaires à la création automatique des données relatives à un nouveau maillage (géométrie, blocages, matériaux, ...) sont disponibles. Leur utilisation dans une approche entièrement automatique est actuellement en développement.

