



Décomposition topologique du modèle de conception des outillages de forge pour la génération de trajectoire UGV

Laurent Pierre Tapie, Kwamiwi Mawussi

► To cite this version:

Laurent Pierre Tapie, Kwamiwi Mawussi. Décomposition topologique du modèle de conception des outillages de forge pour la génération de trajectoire UGV. 10ème Colloque National AIP-PRIMECA, Apr 2007, France. CDROM paper ref:FAB2, 12p. <hal-00422399>

HAL Id: hal-00422399

<https://hal.science/hal-00422399v1>

Submitted on 7 Oct 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

DECOMPOSITION TOPOLOGIQUE DU MODELE DE CONCEPTION DES OUTILLAGES DE FORGE POUR LA GENERATION DE TRAJECTOIRES UGV

Laurent Tapie (1), Kwamivi Bernardin Mawussi (1) (2), Bernard Anselmetti (1) (3)

(1) LURPA – ENS Cachan, 61 avenue du Président Wilson 94235 Cachan Cedex, Tél. : 01-47-40-27-64, Fax : 01-47-40-22-20, e-mail : laurent.tapie@lurpa.ens-cachan.fr

(2) IUT de Saint de Denis – Université Paris 13, Place du 8 Mai 1945 93206 Saint-Denis Cedex, Tél. : 01-47-40-24-13, Fax : (33)1 47 40 22 20, kwamivi.mawussi@lurpa.ens-cachan.fr

(3) IUT de Cachan – Université Paris 11, 9 avenue de la division LECLER 94234 Cachan Cedex, Tél. : 01-47-40-29-71, Fax : (33)1 47 40 22 20, bernard.anselmetti@lurpa.ens-cachan.fr

Résumé:

La démarche actuelle de fabrication d'outillage de forge doit s'adapter à de nombreuses évolutions dans la préparation à l'usinage (modèles CAO, technologies de FAO et d'usinage (UGV)). L'adéquation entre la géométrie de la pièce à réaliser et le processus d'UGV doit ainsi être au cœur de la démarche du préparateur. Dans cet article nous proposons une démarche originale permettant d'intégrer cette adéquation dans la phase de préparation à l'usinage d'outillage. Cette démarche s'articule autour de phases de décomposition et d'enrichissement du modèle CAO de l'outillage basées sur le respect de conditions de coupe UGV (vitesse de coupe et vitesse d'avance). La topologie de l'outillage étant au cœur des difficultés d'usinage grande vitesse, nous proposons une démarche de décomposition topologique du modèle CAO de l'outillage. Cette démarche à pour objectif de cerner les problèmes d'usinage locaux plus facile à traiter par le préparateur. Deux niveaux de décomposition de l'outillage permettant de grouper les carreaux de surface du modèle CAO selon une même typologie d'usinage sont exploités. Ces typologies d'usinage sont ensuite utilisées à travers des modèles de relations topologiques. Un graphe de relations topologiques permet ensuite d'obtenir des entités d'usinage indépendantes plus faciles à manipuler pour associer des stratégies d'usinage.

Mots clés: Outillage de forge, CFAO, UGV

1 Evolutions dans la préparation à l'usinage d'outillage de forge

1.1 Conceptions des outillages de forge

La mise en place d'un modèle de conception d'un outillage de forge est principalement basée sur l'étude de l'écoulement de la matière de la gravure aux bavures en passant par le plan de joint. Classiquement, ce type d'étude donnait lieu à la mise en place de modèles filaires des outillages [1][2][3]. Ces modèles étaient ensuite fournis au préparateur qui définissaient l'outillage lors d'une opération dite d'habillage, tout en préparant la gamme d'usinage. Lors de cette démarche l'habillage était réalisé avec la vision des spécificités du processus de fabrication. Le modèle volumique d'outillage était donc défini à partir des ressources d'usinage disponibles et des connaissances du préparateur.

Désormais, le bureau d'études des outilleurs définit la pièce brute forgée à partir du modèle fonctionnel de la pièce. Ainsi, l'opération d'habillage a été transférée au niveau du bureau d'études des outilleurs qui fournit la définition complète du modèle CAO de l'outillage. A partir de ce modèle

l'outillage est lancé en fabrication. Ce transfert est lié à l'évolution des logiciels de simulation d'écoulement de matière dans les gravures [4]. Ces logiciels permettent de travailler sur le modèle CAO surfacique ou solide de l'outillage.

Ainsi l'opération d'habillage et de définition de l'outillage qui permettait de définir les formes des surfaces usinées n'est plus réalisée par le préparateur. Son travail consiste donc à définir le processus d'usinage en se basant sur le modèle CAO de l'outillage fourni par le bureau d'études. Ce modèle CAO est dans la majorité des cas considéré comme une géométrie morte dans la mesure où il contient très peu ou pas d'informations technologiques et topologiques. La mise en place du processus d'usinage passe alors par l'étude de la géométrie et de la topologie de l'outillage afin de définir la stratégie d'usinage permettant d'obtenir l'outillage, tout en respectant un temps d'usinage le plus faible possible et la qualité géométrique spécifiée. Au cours de cette étude, la prise en compte de la technologie UGV est cruciale afin de respecter les contraintes technico-économiques.

1.2 Introduction de l'UGV chez les outilleurs

Dans le cadre de l'usinage d'outillage, UGV ne signifie pas seulement vitesses de coupe élevées et/ou forte avance. Il faut le considérer comme un processus d'usinage dans lequel les opérations sont réalisées avec des méthodes et un équipement de production très spécifiques (Machines, Outils, Broche, Axes et Asservissements...). Ainsi, l'introduction de la technologie UGV a permis de faire évoluer le processus de fabrication des outillages de forges [5] [6] [7]. La phase d'électroérosion a été considérablement diminuée voire éliminée du processus d'obtention de l'outillage. L'évolution des outils de coupe a quand à elle permis d'éliminer la phase de traitement thermique de l'outillage après la phase de ½ finition. A l'heure actuelle le processus d'UGV d'un outillage permet d'usiner un brut traité de dureté élevée (45-50 Hrc). D'autre part, de nombreux travaux d'expertise soulignent l'apport de l'UGV en terme de productivité et de qualité des pièces obtenues [8]. Le préparateur doit donc prendre en compte ces évolutions. Etant donné la possibilité d'atteindre des qualités géométriques supérieures à l'usinage conventionnel, l'objectif actuel est de proposer des gammes d'usinage performantes minimisant les opérations de polissage. En effet, ce processus est difficilement automatisable de part la géométrie et la topologie des pièces. Ceci implique l'intervention d'ouvriers hautement qualifiés réalisant ces opérations très coûteuses en temps.

1.3 Gamme de fabrication actuelle

Le processus d'usinage actuel associé à la fabrication des outillages comprend trois phases majeures. La phase d'ébauche a pour objectif d'approcher au maximum la forme désirée en assurant un débit matière maximum et des enchaînements entre les trajectoires outil le plus fluide possible. Les géométries associées à ce type d'opération sont des poches ou cavités définies par niveaux. La phase de demi finition a pour objectif de garantir une surépaisseur d'usinage constante ou un engagement constant de l'outil lors de la phase finition. La phase de finition a pour objectif d'obtenir la géométrie de l'outillage et de respecter les spécifications. La géométrie et la topologie prises en compte lors de cette phase doivent être décomposées de manière aussi fine que possible afin de respecter l'objectif de cette phase.

Dans le cadre de nos travaux nous nous limitons à l'étude de la géométrie d'usinage pour la phase finition. Lors de cette phase les ressources d'usinage exploitées sont des MOCN 3 axes UGV associées à des outils de coupe de type fraise boule ou torique. Les stratégies FAO exploitées lors de la préparation de cette phase se limite aux stratégies relativement standards : guidage par plans parallèles, guidage par niveau de Z, guidage parallèle à une courbe, surfaçage.

1.4 Evolutions des outils d'aide à la préparation

Les outils actuels présentés dans les travaux académiques [7] [9] sont variés et nombreux. En effet, ces travaux s'axent majoritairement sur le choix d'une stratégie d'usinage grande vitesse. Vient s'ajouter à ces nombreux travaux une offre logiciel très large en terme d'aide à la fabrication. La combinaison des deux permet de pouvoir générer une multitude de gammes d'usinage composées d'une multitude de séquences d'usinage. Ainsi l'opérateur face à ces multiples possibilités est soumis

à la difficulté de choisir un processus d'usinage adapté. D'autre part, la qualité de l'outillage et le temps d'usinage de celui-ci sont particulièrement liés aux compétences du préparateur et notamment son expérience en terme de processus UGV. Les études technico-économiques [10] montrent ce type de dépendance et mettent en avant la difficulté de préparer l'usinage. Cette difficulté est grandement soulignée par l'augmentation du temps utilisé par le préparateur sur la FAO (environ 50% du temps de fabrication correspond à la préparation FAO).

1.5 Formalisation du problème de la préparation à l'usinage

L'analyse du contexte technico-économique, nous montre la place importante de la préparation à l'usinage d'un outillage dans sa gamme de fabrication. En terme de temps, la préparation FAO est quasi équivalente au temps d'usinage [8]. D'autre part, l'expérience du préparateur a une influence non négligeable sur la suite de l'obtention de l'outillage et reste à l'heure actuelle la seule base de travail du préparateur. S'ajoute à cela la nécessité de réduire les temps et coûts de production. Ainsi, la démarche du préparateur doit s'adapter à des arbitrages et choix économiques qui ont engendrés des modifications dans la préparation : évolution des modèles CAO, évolution des technologies FAO et d'usinage (UGV). L'adéquation entre la géométrie de la pièce à réaliser et le processus d'UGV doit ainsi être au cœur de la démarche du préparateur. En effet, une mauvaise adéquation peut faire apparaître une dégradation combinée du temps d'usinage et de la qualité géométrique de la pièce.

Une des causes principales de cette dégradation est l'écart entre des conditions de coupe UGV réelles et les consignes : non respect de la vitesse d'avance (ralentissements et fortes décélérations), variation parfois importante de l'engagement outil, non respect de la vitesse de coupe (diamètre effectif de coupe). La préparation à l'usinage doit donc permettre d'élaborer une gamme d'usinage avec des parcours limitant autant que possible les écarts habituellement observés au niveau des conditions de coupe UGV.

Afin de répondre à ce problème nous proposons de nous appuyer sur une décomposition du modèle CAO de l'outillage afin d'associer localement une stratégie d'usinage disponible dans les outils de FAO existants pour respecter les conditions de coupe UGV. Le découpage doit permettre une adéquation entre une forme donnée et un processus UGV associé à un parcours adapté respectant au mieux les conditions de coupe UGV.

2 Approche proposée

2.1 Préliminaire : définitions adoptées

Préparateur de l'usinage ou préparateur FAO = Personne assurant les tâches de conception et génération du processus d'usinage. Ces tâches peuvent être réalisées à l'aide d'un logiciel de fabrication assisté par ordinateur (FAO).

Entité d'usinage (d'après GAMA [11]) : Forme géométrique et un ensemble de spécifications pour lesquels un processus d'usinage est connu. Ce processus est quasi-indépendant des processus des autres entités.

2.2 Objectif et structure

L'objectif de la démarche proposée est à partir du modèle CAO de définir des entités d'usinage en adéquation avec le processus d'UGV. Ce type d'approche a déjà été développée au sein du projet RNTL Usiquick [12]. Le processus d'usinage étudié dans ces travaux (UGV 3 et 5 axes de pièces de structure aéronautiques dans une production moyenne série) diffèrent de celui étudié dans cette communication (UGV 3 axes d'outillage de forge dans une production unitaire). Néanmoins, la décomposition topologique du modèle CAO basée sur les difficultés induites par le processus d'usinage est le concept le mieux adapté pour permettre sa bonne adéquation avec la géométrie de la pièce à réaliser.

Pour cela nous proposons d'extraire des entités d'usinage du modèle CAO à partir de l'analyse des sous problèmes d'usinage que nous avons présentés précédemment (Figure 1). La première phase de la méthode consiste au découpage du modèle CAO en zone selon les difficultés d'usinage. La seconde phase va consister à enrichir le modèle CAO de chaque zone pour faciliter la génération du processus d'usinage. A la suite de cette phase sont obtenues des entités d'usinage. Les phases suivantes vont consister à s'appuyer sur ces entités d'usinage pour générer le processus d'usinage. La génération du processus d'usinage se décompose en deux phases : la génération locale du processus, puis l'élaboration du processus global de l'outillage. Dans le cadre de cet article nous présenterons les deux premières phases : Découpage par difficultés d'usinage, Enrichissement du modèle CAO de chaque zone obtenue.

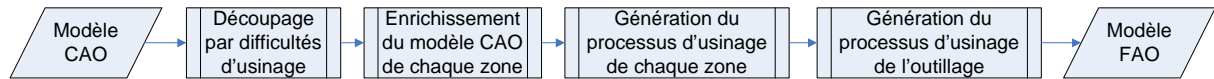


Figure 1. Structure de la démarche proposée

2.3 Découpage par difficultés d'usinage

Dans le cadre de ces travaux nous proposons de nous appuyer sur la topologie pour décomposer le modèle CAO en géométrie connue du préparateur étant donné l'impact de la topologie sur le processus UGV.

- ✓ Non respect de la vitesse de coupe

Des réductions significatives de la vitesse de coupe sont liées à l'inadéquation d'une géométrie outil avec la géométrie de la pièce. Ce phénomène est lié à la nature de l'aire de contact entre l'outil et la pièce (Figure 2). Ce problème est essentiellement lié à la topologie de la surface à usiner. En effet, nous constatons que l'angle d'inclinaison de l'outil par rapport à la direction de la matière est un facteur prépondérant dans la nature de l'aire de contact outil/pièce et donc de la valeur de la vitesse de coupe réelle.

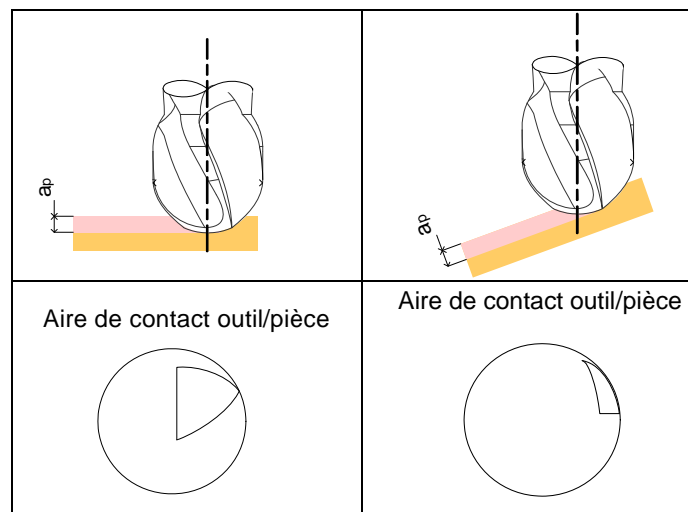


Figure 2. Respect de la vitesse de coupe

- ✓ Non respect de la vitesse d'avance

Afin de bien comprendre l'enjeu de l'impact de la topologie, nous proposons d'analyser une simulation des trajets générés lors de l'usinage d'un outillage de forge. Cette simulation est effectuée en se basant sur un modèle CAO 3D d'un outillage de bras de direction et un outil d'aide à la simulation du comportement cinématique du couple MO-CN [13]. Le préparateur choisi dans un premier temps d'adopter une stratégie mono balayage par plans parallèles selon la longueur de

l'outillage. La simulation du comportement cinématique d'une machine UGV nous permet de distinguer des zones où la stratégie est adaptée (peu de ralentissements, zones colorées en vert), mais aussi des zones où la stratégie n'est pas adaptée (forts ralentissements, zones colorées en orange et en rouge, Figure 3). La simulation du comportement cinématique de la machine est maintenant réalisée à partir d'une stratégie d'usinage en niveau de Z. Il est aisé de constater que cette stratégie est adaptée dans des zones où la stratégie précédente ne l'était pas. Avec cet exemple, la difficulté de choisir une stratégie d'usinage adaptée à la topologie de la pièce et certains phénomènes induits par la technologie UGV est mis en évidence.

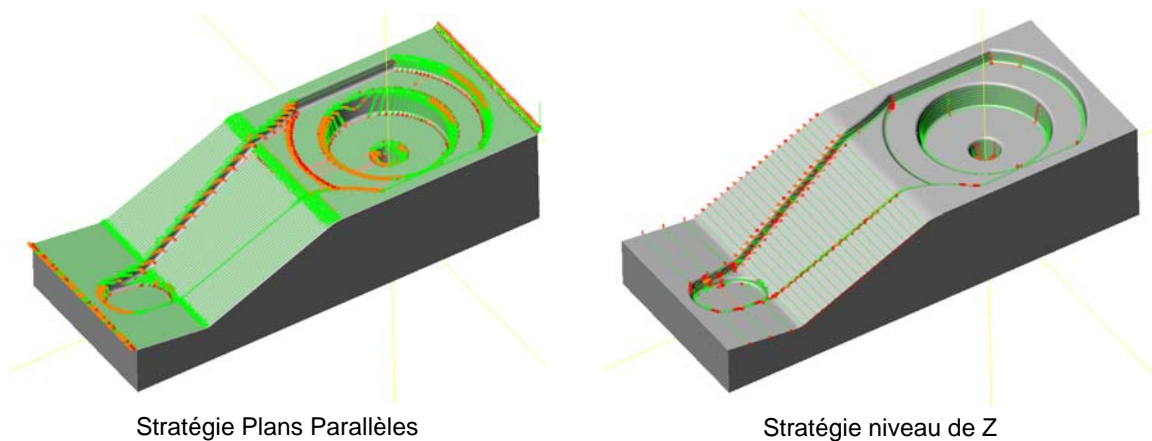


Figure 3. Respect de la vitesse d'avance

2.4 Enrichissement du modèle CAO : typologie des surfaces

Dans le cadre d'usinage de matrice de forge, on distingue des entités de type fond, flanc, ou de raccordement. Afin d'attribuer cette typologie aux surfaces du modèle CAO nous proposons de nous appuyer sur la configuration d'usinage de l'outil (Figure 4). En effet, du point de vue préparateur de l'usinage, un fond est une entité où l'outil est en majorité utilisé dans une configuration 'en bout' et un flanc une entité où l'outil est en majorité utilisé dans une configuration 'en flanc'. Cette typologie des surfaces découle du problème de non respect de la vitesse de coupe.

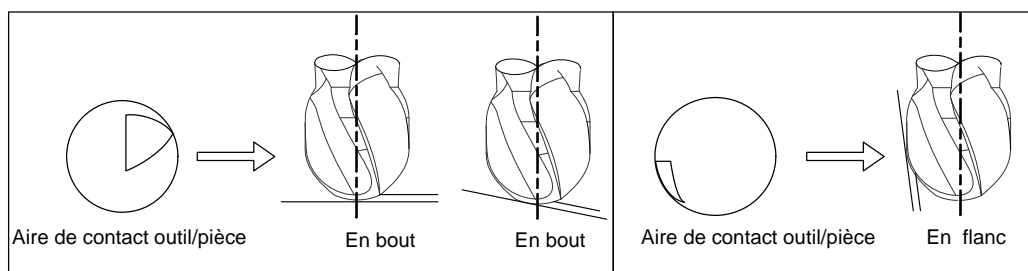


Figure 4. Configuration d'usinage

✓ Cartographie de configuration d'usinage

Pour analyser les configurations outil sur l'ensemble de l'outillage, nous proposons d'utiliser l'attribut topologique de direction de la surface. Afin de récupérer cette information, le modèle CAO (surfacique ou solide) de l'outillage est discrétisé en un modèle polygonale (STL). Chaque facette de ce modèle possède l'attribut de direction de matière de par l'orientation des arêtes de la facette. L'objectif de cette cartographie est de rechercher les zones ayant la même configuration outil donc la même typologie. L'obtention de cette cartographie est réalisée par coloration des facettes selon l'inclinaison entre la direction de la surface et la direction de l'axe outil. Ce type de cartographie est illustré dans la suite de cette présentation.

2.5 Enrichissement du modèle CAO : typologie des surfaces « fonds »

Parmi les surfaces de types fonds, il est courant de distinguer au niveau de la gravure des fonds simples (Figure 5a.), orientés (Figure 5b.) ou quelconques (Figure 5c.). Afin d'attribuer cette typologie aux surfaces du modèle CAO nous proposons de nous appuyer sur la possibilité d'enchaînement de surface selon une direction privilégiée. En effet, un fond simple est composé d'un ensemble de surfaces ayant une direction de matière confondue avec la direction outil, ainsi il n'existe pas de direction d'enchaînement privilégiée dans ce cas. Un fond orienté est composé d'un ensemble de surface ayant une direction de matière en chaque point contenue dans un plan lui-même contenant la direction de l'outil (plan P Figure 5b.). Un fond quelconque est quand à lui composé de surfaces dont la direction matière n'a aucune particularité au regard de la direction outil. Cette typologie des fonds découle du type de sollicitation des axes de la machine lors de l'usinage : un fond simple implique l'utilisation de stratégie d'usinage 2 ½ axes, un fond orienté ou quelconque implique l'utilisation de stratégie d'usinage 3 axes avec possibilité de définir la direction d'usinage dans un plan particulier dans le cadre du plan orienté.

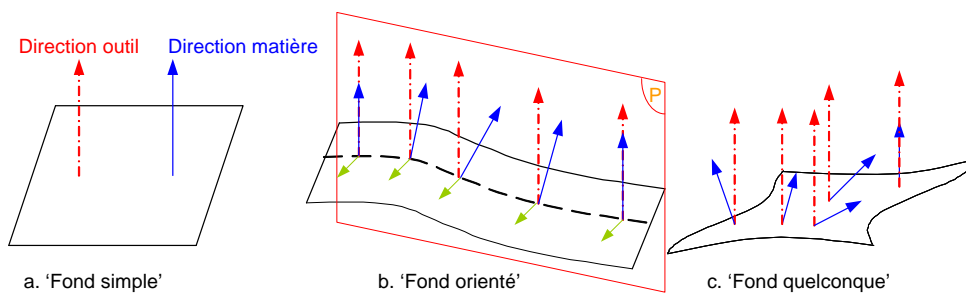


Figure 5. Typologie des fonds

✓ Cartographie d'enchaînement de surfaces

L'analyse des enchaînements de surfaces sur l'ensemble des fonds est liée à l'attribut topologique de direction de la matière. Afin de récupérer cette information, chaque modèle CAO surfacique des fonds extraits du premier niveau de découpage, est discrétisé en un modèle polygonale (STL). L'objectif de cette cartographie est de rechercher les fonds ayant les mêmes particularités de direction matière donc la même typologie. L'obtention de cette cartographie est illustrée (Figure 6). La normale à la facette (direction matière) est projetée dans le plan perpendiculaire à la direction outil (P). Plusieurs directions sont testées afin de savoir si plusieurs facettes ont la même direction privilégiée. Pour chaque direction les facettes sont coloriées selon la projection de la direction privilégiée sur la direction testée appartenant au plan P.

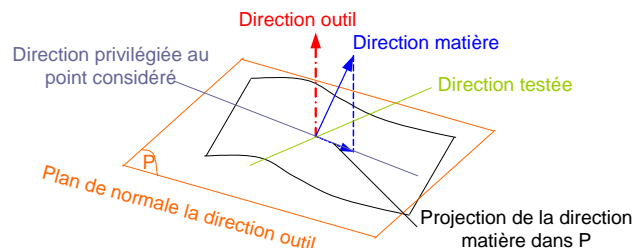


Figure 6. Obtention d'une cartographie d'enchaînement

2.6 Enrichissement du modèle CAO : relations topologiques

Nous avons constaté précédemment que les relations topologiques entre les surfaces avaient une influence non négligeable sur le processus UGV. Nous proposons donc deux modèles topologiques de relations basés sur les liens existants entre les différents regroupements de surface obtenus précédemment. Ces modèles permettent d'enrichir le modèle CAO au niveau des surfaces de

transitions et au niveau des liens entre les regroupements de surfaces. Ces modèles s'appuient sur les concepts proposés par B. Mawussi [2].

✓ Modèles topologiques

Le premier modèle proposé est basé sur les interférences possibles entre les entités géométriques de type fond et les entités géométriques de type flanc. Ce modèle s'appuie sur deux types de relation de jonction: «s'appuie sur» ou « débouche dans ». Ces relations se déclinent en 2 sous-types : jonction en « îlot » en relief, jonction en « cavité » en creux. Ces relations de jonction sont assurées par des entités géométriques de raccordement. Selon la courbure de ces entités géométriques de raccordement 2 attributs en découlent : entité de raccordement convexe jonction «ouverte », entité de raccordement concave jonction «fermée». Ce modèle est illustré Figure 7.

Le second modèle proposé se base sur les relations de proximité des entités géométriques. Le premier type de proximité se base sur la relation d'appartenance: «appartient à». Cette relation d'appartenance se décline en 2 sous-types appartenance totale et appartenance partielle. Le second type de proximité se base sur la relation de dépassement: «dépasse de ». Ce modèle est illustré Figure 7.

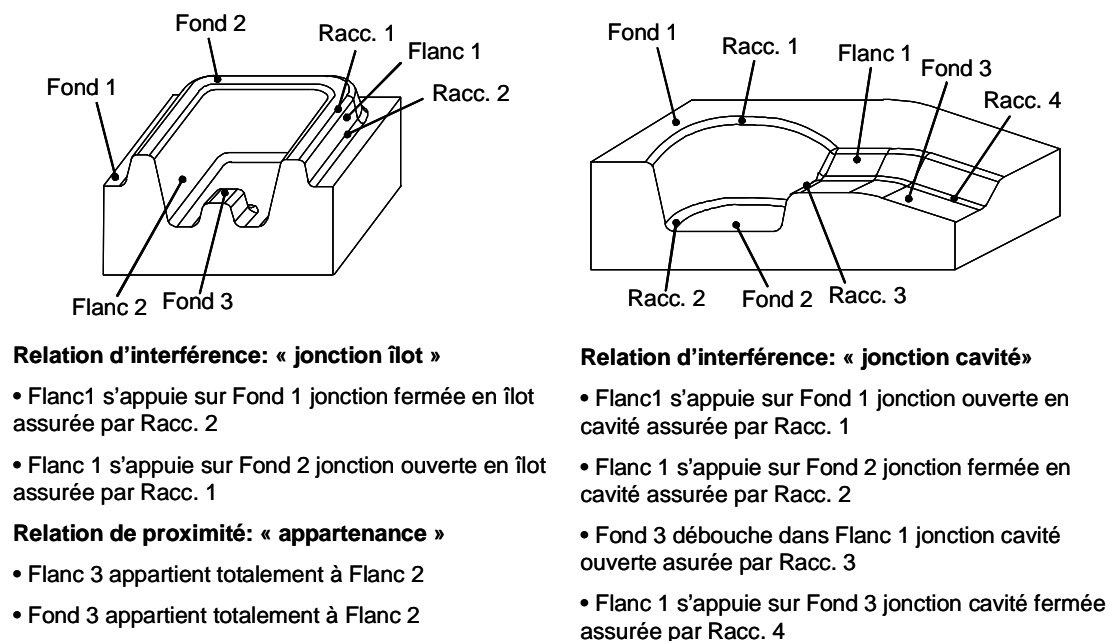


Figure 7. Relations topologiques

2.7 Vers la génération du processus d'usinage : Graphe de relations topologiques

A partir des modèles topologiques, nous proposons de construire le graphe de relations entre les entités obtenues aux deux niveaux précédents de décomposition. L'objectif de la mise en place de ce graphe est de construire des entités géométriques indépendantes les unes des autres en terme d'usinage et de collecter les informations obtenues lors de la phase d'enrichissement du modèle CAO. Pour cela nous proposons de décomposer le modèle CAO à deux niveaux d'abstraction. Le premier niveau permet de trouver les deux types d'entité couramment définis par le concepteur ouvrier. Le second niveau permet de trouver deux types d'entité couramment extraits par le préparateur à l'usinage.

Plan de joint : un (ou ensemble de) fond(s) ayant des relations de type jonction îlot fermée ou jonction cavité ouverte avec un (ou ensemble de) flanc. Le plan de joint constitue une surface terminale du graphe de relations topologiques.

Gravure : ensemble d'entités géométriques ayant in fine une relation topologique unique avec le plan de joint.

Cavité : ensemble d'entités géométriques composé d'un fond et d'un (ou d'un ensemble de) flanc(s) ayant des relations topologiques de jonction en cavité fermée.

Ilot : ensemble d'entités géométriques composé d'un fond et d'un (ou d'un ensemble de) flanc(s) ayant des relations topologiques de jonction en îlot ouverte.

La Figure 8 illustre la construction de graphe topologique à partir de ces définitions. L'exemple de la figure 8a met en évidence la nécessité de considérer l'existence de l'îlot lors de l'usinage de la cavité. Cette dépendance est traduite par l'ensemble des relations topologiques d'appartenance des surfaces constituant l'îlot au flanc de la cavité. Pour l'exemple de la figure 8b l'exploitation du graphe permet de mettre en évidence l'indépendance de l'usinage du plan de joint de la gravure. D'autre part, nous constatons que la gravure est décomposable en deux cavités indépendantes.

L'exploitation du graphe topologique permet d'extraire les entités d'usinage composées d'entités géométriques indépendantes. De cette manière, l'outillage est décomposé en sous problème d'usinage indépendant. Un niveau d'analyse supplémentaire est ensuite mise en œuvre à travers les attributs typologiques des surfaces composant l'entité géométrique. Le graphe permet notamment d'aider au choix des ressources d'usinage et de la stratégie d'usinage.

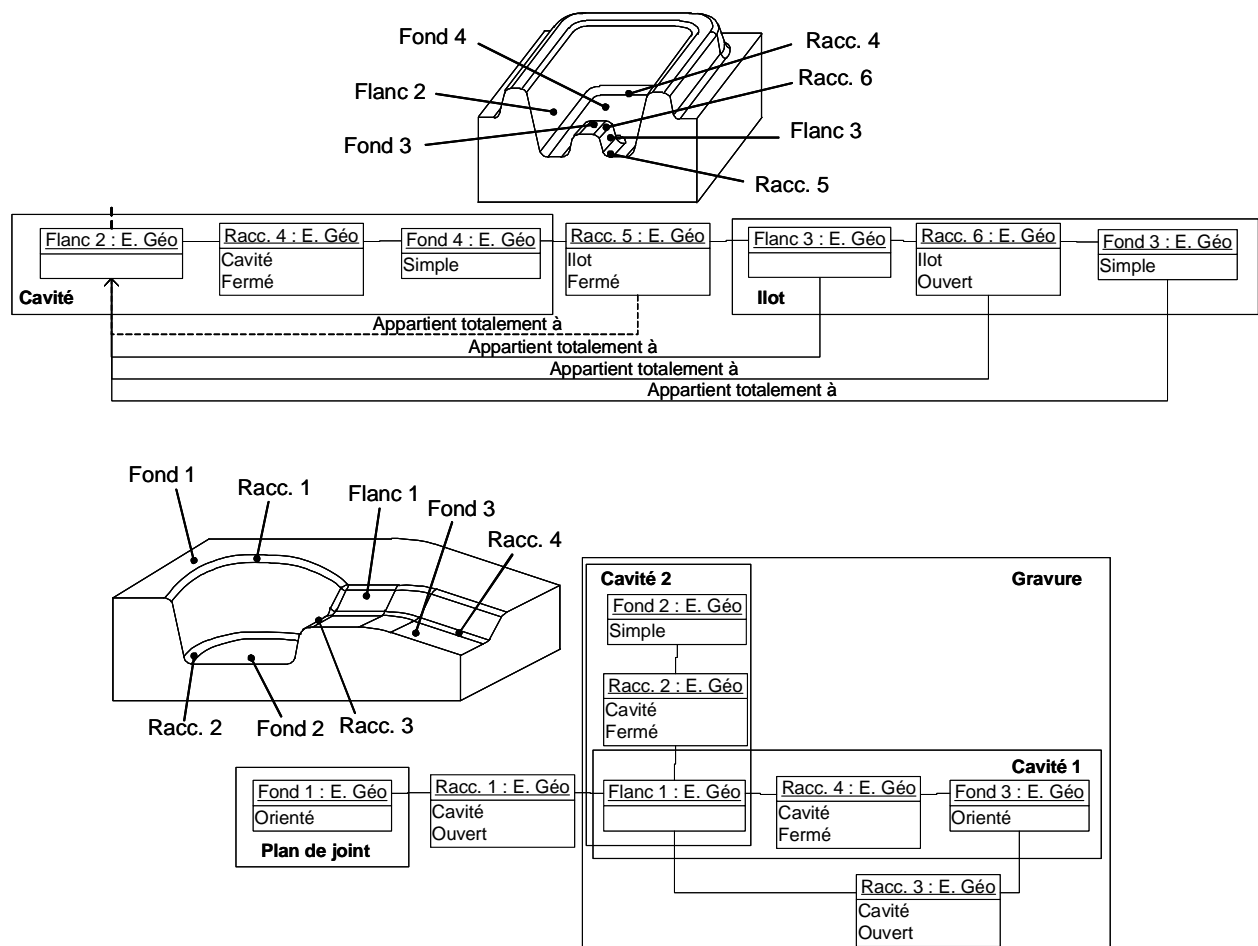


Figure 8. Analyses de graphes topologiques

3 Etude de cas

Nous présentons dans cette partie une application de notre approche à une étude de cas qui porte sur l'usinage de l'outillage de bras de direction présenté dans la Figure 3.

✓ Enrichissement du modèle CAO : typologie des surfaces

La Figure 9 illustre le premier niveau d'enrichissement des surfaces selon la typologie des surfaces. La cartographie obtenue est exploitée pour décomposer le modèle CAO. Les carreaux de surface adjacents ayant la même typologie sont regroupés afin de composer des géométries type connues du préparateur. Sur cette carte se distinguent les surfaces de type fond en rouge, de type flanc en bleu et de type raccordement en dégradé.

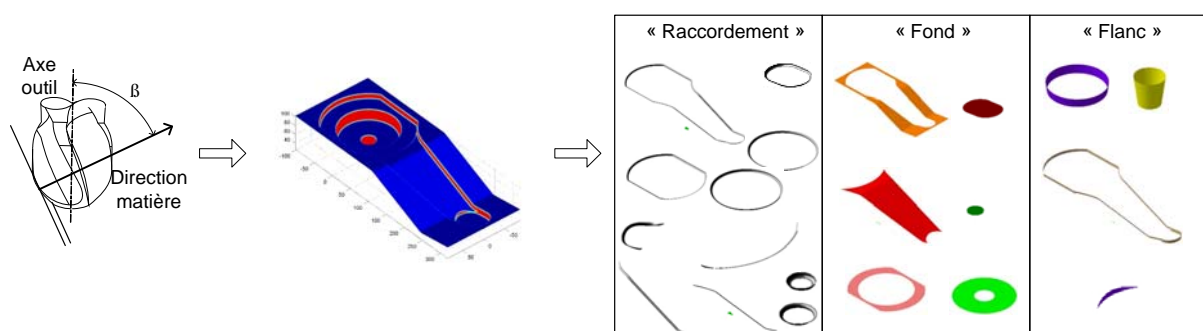


Figure 9. Premier niveau de découpage

✓ Enrichissement du modèle CAO : typologie des « fonds »

La Figure 10 illustre un ensemble de cartographie obtenue sur une surface de type fond. La Figure 10 a. nous, permet de distinguer une direction privilégiée d'enchaînement des surfaces sur ce fond ; il est ainsi qualifié de fond orienté et la direction d'enchaînement est connue.

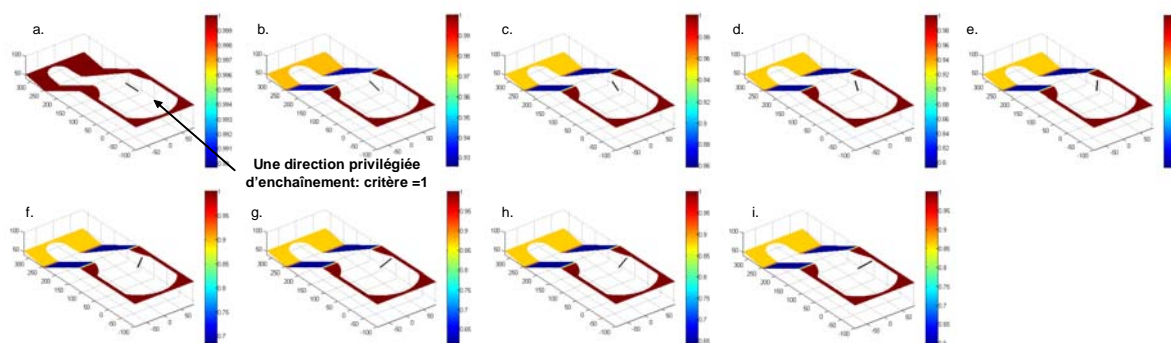


Figure 10. Exemple d'un ensemble de cartographie

A partir de ces informations l'ensemble des fonds peut être enrichi d'une typologie et d'une direction d'enchaînement le cas échéant. La Figure 11 illustre cet enrichissement pour le cas étudié.

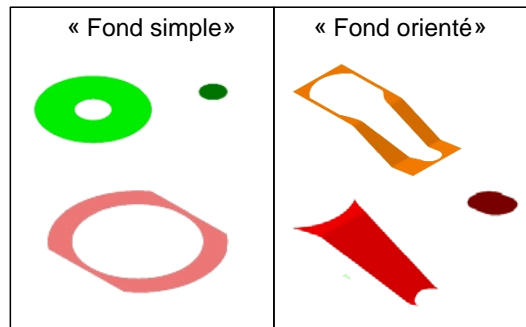


Figure 11. Enrichissement de la typologie des fonds

✓ Enrichissement du modèle CAO : graphe de relation topologique

Le graphe de relations topologiques du cas étudié est mis en place à partir des modèles de relations topologiques. Les informations sont associées au regroupement de surface du modèle CAO. L'exploitation du graphe permet d'extraire des entités d'usinage indépendantes comme l'illustre la Figure 12.

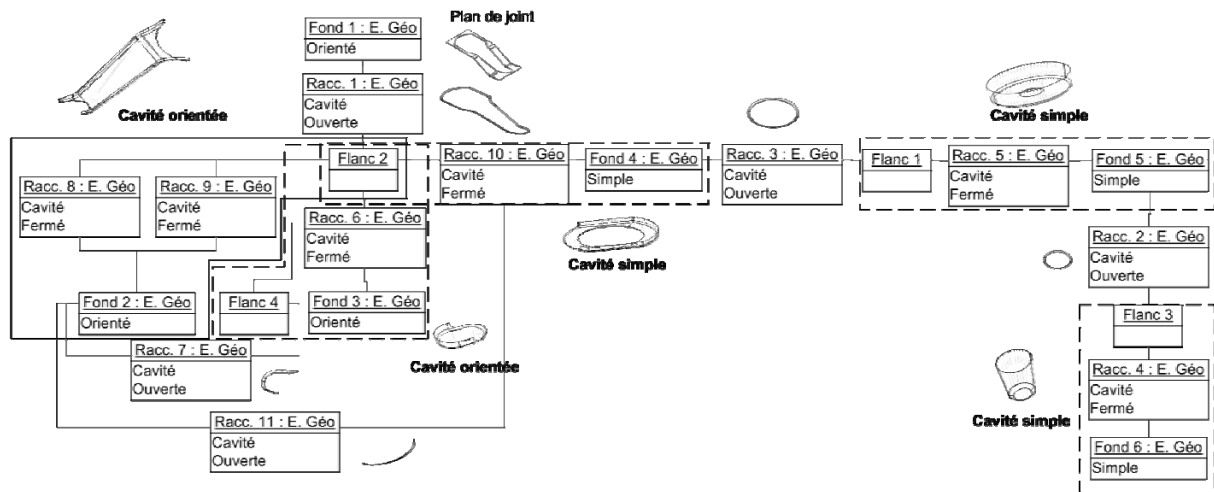


Figure 12. Graphe de relations topologiques

Le graphe de relations topologiques fournit des informations permettant d'orienter les choix pour la conception et la génération du processus UGV.

Par exemple, les surfaces de type fond seront préférentiellement usinées par un outil type torique afin de respecter au mieux la vitesse de coupe. Les usinages des cavités composées d'un fond simple et d'un flanc s'appuieront sur des stratégies d'usinage 2 axes $\frac{1}{2}$ (surfaçage, contournage par niveau) de par leur typologie (Figure 13). Les usinages de plan de joint composé d'un fond orienté s'appuieront sur des stratégies d'usinage 3 axes planaires étant donné la direction d'enchaînement des surfaces (plans parallèles). Les cavités composées d'un fond orienté et d'un flanc s'appuieront sur des stratégies d'usinage 3 axes (plans parallèles, contournage par suivi de courbe).

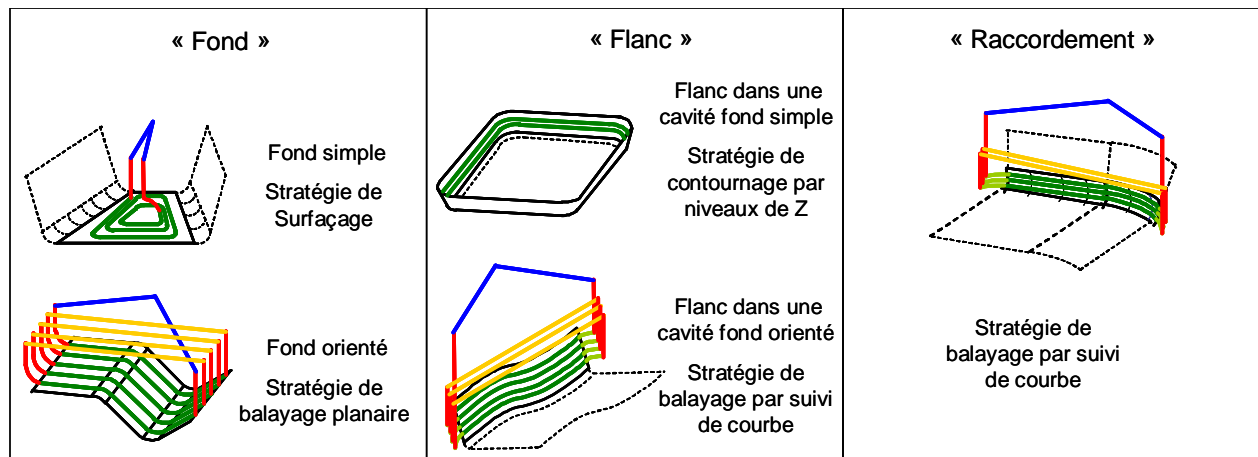


Figure 13. Association de stratégies d'usinage

4 Conclusion

La démarche actuelle de fabrication d'outillage de forge doit s'adapter à des arbitrages et choix économiques qui ont engendrés des modifications dans la préparation à l'usinage : évolution des modèles CAO, évolution des technologies FAO et d'usinage (UGV). L'adéquation entre la géométrie de la pièce à réaliser et le processus d'UGV doit ainsi être au cœur de la démarche du préparateur.

Dans cet article nous avons proposé une démarche originale permettant d'intégrer cette adéquation dans la phase de préparation à l'usinage d'outillage. Cette démarche s'articule autour de phases de décomposition et d'enrichissement du modèle CAO de l'outillage basés sur les problèmes de respect de condition de coupe UGV (vitesse de coupe et vitesse d'avance). De ces deux phases le préparateur à l'usinage dispose d'information lui permettant de générer localement puis globalement le processus d'UGV de l'outillage. Les deux premières phases ont été détaillées dans cette communication.

La topologie de l'outillage étant au cœur des difficultés d'usinage grande vitesse, nous avons procédé à une décomposition topologique du modèle CAO de l'outillage. Cette démarche a pour objectif d'obtenir des problèmes d'usinage locaux plus faciles à traiter par le préparateur. Cette décomposition se base sur la difficulté lors de l'usinage grande vitesse de conserver la vitesse de coupe et la vitesse d'avance de l'outil. Pour cela deux niveaux de décomposition de l'outillage ont été considérés afin de grouper des carreaux selon une même typologie d'usinage : fond simple, fond orienté ou quelconque, flanc, raccordement.

Ces typologies d'usinage sont ensuite exploitées à l'aide de modèles de relations topologiques : interférence et proximité. A travers la construction d'un graphe de relations topologiques, des entités d'usinage indépendantes les unes des autres sont extraites du modèle : plan de joint, cavité et îlot.

Ces entités sont ensuite exploitables par le préparateur afin d'associer des stratégies d'usinage adéquates. Dans une prochaine communication, nous présenterons l'association de stratégies d'usinage adaptées aux entités d'usinage obtenues.

Références

- [1] P. BAGARD, "Tooling and complex shapes: technico-economic reports between high speed machining", 1st French and German conference on high speed machining, p.249, 1997.
- [2] K. MAWUSSI, "Modèle de représentation et de définition d'outillages de forme complexe. Application à la génération automatique de processus d'usinage", Mémoire de thèse. LURPA_ENS-CACHAN, 1995.
- [3] G. SUN, C.H. SEQUIN, "Operation decomposition for freeform surface features in process planning", Computer-Aided Design, vol. 33, pp. 621-636, 2001.

- [4] TRANSVALOR, "Material forming simulation", <http://www.transvalor.com>.
- [5] SANDVIK-COROMANT, "UGV- Usinage Grande Vitesse", Le monde de l'usinage, 1998, disponible sur <http://www.coromant.sandvik.com/fr>.
- [6] P. KRAJNIK, J. KOPAC, "Modern machining of die and mold tools", Journal of Materials and Processing Technology, vol. 157-158, pp. 543-552, 2004.
- [7] C.K. TOH, "Design, evaluation and optimisation of cutter path strategies when high speed machining hardened mould and die materials", Materials and Design, vol. 26, pp. 517-533, 2005.
- [8] UGV état de l'art – Applications, Présentation CETIM « Déjeuner de la mécanique », CETIM Senlis, 2005.
- [9] D. DRAGOMATZ, S. MANN, "A classified bibliography of literature on NC milling path generation", Computer-Aided Design, vol.29, pp. 239-247, 1997.
- [10] T. ALTAN, B. LILLY, Y.C. YEN, "Manufacturing of Dies and Molds", Annals of the CIRP, Keynote Papers, vol. 2, pp. 104-115, 2001.
- [11] GAMA. La Gamme Automatique en usinage, ISBN 2-86601-255-0, Hermès, 1990.
- [12] W. DERIGENT, "Méthodologie de passage d'un modèle CAO vers un modèle FAO pour des pièces aéronautiques: Prototype logiciel dans le cadre du projet USIQUICK", Thèse de doctorat, CRAN Université H. Poincaré Nancy I, 2005.
- [13] L.TAPIE, B.K. MAWUSSI, B. ANSELMETTI, "Machining strategy choice: performance viewer", 6th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME'06, Grenoble, France, CD Rom paper N°55 (Session B3), 12p., 17-19 May 2006.