



HAL
open science

Analyses de difficultés d'usinage pour les pièces de formes complexes : concept de viewer

Laurent Pierre Tapie, Kwamiwi Mawussi

► **To cite this version:**

Laurent Pierre Tapie, Kwamiwi Mawussi. Analyses de difficultés d'usinage pour les pièces de formes complexes : concept de viewer. 5ème Assises MUGV, Jun 2008, Nantes, France. 10 p. hal-00422385

HAL Id: hal-00422385

<https://hal.science/hal-00422385>

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.

ANALYSES DE DIFFICULTES D'USINAGE POUR LES PIECES DE FORMES COMPLEXES : CONCEPT DE VIEWER

Laurent TAPIE ^(1,2)

Kwamivi Bernardin MAWUSSI ^(1,2)

¹ Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée - ENS Cachan
61 avenue du Président Wilson 94235 Cachan cedex – France
Tél. : 33 1 47 40 27 52 Fax : 33 1 47 40 22 20
E-mail: [mailto: {laurent.tapie;bernardin.mawussi}@lurpa.ens-cachan.fr](mailto:laurent.tapie;bernardin.mawussi@lurpa.ens-cachan.fr)

² IUT de Saint Denis – Université Paris 13
Place du 8 Mai 1945 93206 Saint-Denis cedex – France

Résumé : *L'adéquation entre la géométrie à réaliser et le processus UGV est au cœur de la démarche de préparation à l'usinage des pièces de formes complexes. Dans cet article nous proposons un outil basé sur le concept de « viewer » permettant d'intégrer les difficultés d'usinage dès l'analyse topologique du modèle CAO de la pièce. Afin d'identifier des entités d'usinage, nous proposons d'analyser le modèle CAO de la pièce à partir de critères issus des difficultés d'usinage ayant un impact direct sur l'intégrité des surfaces usinées. Nous analysons deux difficultés d'usinage directement transposables à la géométrie du modèle CAO : la position de la zone de contact outil/pièce et la pertinence d'une direction d'enchaînement de surface avec des processus d'usinage classiques. Nous introduisons le concept de « viewer » afin de construire des cartographies d'analyse de ces difficultés d'usinage. Deux types de cartographie sont associées : cartographie de contact outil/pièce, cartographie d'enchaînement de surface. Enfin, nous expliquons comment exploiter les résultats des cartographies afin d'identifier des zones d'usinage sous-tendant l'identification d'entités d'usinage sur différents outillages industriels.*

Mots clés : Pièce de formes complexes – CFAO – UGV – Viewer

Abstract: *The adequacy between the geometry to be machined and HSM is the core of freeform surface machining preparation. In this article a tool based on the concept of “viewer” allowing to integrate the machining difficulties during the topological analysis of the CAD part model is proposed. To identify machining features, we propose to analyze the CAD part model starting from criteria resulting from machining difficulties having an impact on the machined surfaces integrity. Two machining difficulties directly linked the CAD model geometry are developed: the position of the tool and part area, the relevance of a machining direction with traditional processes of machining. Then the concept of “viewer” is introduced in order to build maps of analysis of these machining difficulties. Two types of map are associated: map of contact area between tool and part, map of surface privileged direction. Last, the maps results are used in order to identify machining areas underlying the machining features identification on different industrial dies.*

Keywords: Freeform shaped part – CAD – CAM – HSM – Viewer concept

1 Préparation à l'UGV de formes complexes

1.1 Problématique

L'analyse des contextes technico-économiques de l'usinage de pièces de formes complexes montre la place importante de la phase de préparation à l'usinage dans leurs gammes de fabrication [1]. Le temps de la préparation FAO est quasi équivalent au temps d'usinage. D'autre part, l'expérience du préparateur a une influence non négligeable sur la suite de l'obtention des pièces 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. Dans ce contexte, la démarche du préparateur doit s'adapter à des contraintes et choix économiques liés à l'évolution de son travail : complexification des modèles CAO, absence de véritables modules d'aide à la préparation UGV dans les outils de FAO et spécificité de l'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. Une mauvaise adéquation peut faire apparaître une dégradation combinée du temps d'usinage et de la qualité géométrique de la pièce.

Une des principales causes de cette dégradation est l'écart entre des conditions de coupe UGV réelles et les consignes : non respect de la vitesse d'avance (importants ralentissements), 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 les écarts habituellement observés au niveau des conditions de coupe.

1.2 Concept de « viewer »

Afin de répondre à la problématique précédente nous avons élaboré un outil d'aide à l'identification de zones d'usinage critiques vis-à-vis des conditions de coupe. Cette identification est basée sur un *ensemble de cartographies du modèle CAO de la pièce construit selon des critères issus de difficultés d'usinage* : c'est le concept de « viewer ».

2 Dégradations d'une pièce après UGV

Dans cette partie, nous analysons les dégradations constatées sur une pièce après UGV afin d'en déduire les difficultés d'usinage pouvant en être la cause. Dans le cadre de cet article nous nous intéressons plus particulièrement à l'UGV de finition des pièces de formes complexes en acier de dureté élevée et en particulier les outillages de forge.

2.1 État de l'art

Les travaux de El-Wardany et al. [2] mettent avant des altérations de la microstructure (microfissures induisant des criques et retassures) du matériau usiné lorsque les vitesses de coupe atteintes sont trop faibles par rapport aux vitesses de coupe spécifiées.

Les travaux de Bosheh & al. [3] et de G. Poulachon [4] mettent en avant la formation d'une couche blanche au niveau de la micro structure de la surface usinée. Ce terme, devenu générique, se réfère aux couches de matériau très dur (apparaissant blanches au microscope) se formant dans certaines conditions de coupe. Cette couche blanche peut être préjudiciable à la durée de vie d'une matrice d'outillage (propagation de fissures). Ainsi, minimiser ou éliminer la couche blanche permettrait de réduire le temps et le coût de post finition. Une des observations effectuée dans le cadre de ces travaux est la réduction de l'épaisseur de la couche blanche lors de l'augmentation de la vitesse de coupe.

Les travaux de Mativenga & al. [5] confirment la formation d'une couche blanche lors de la finition en fraisage UGV d'acier pour outillage.

2.2 Conclusion : Influence de la vitesse de coupe

Les travaux présentés ci-dessus montrent qu'il existe un lien fort entre la vitesse de coupe et les altérations microstructurales subies par les surfaces usinées : microfissures produisant criques et retassures au-dessous de la surface usinée. Plus les vitesses effectives de coupe atteintes sont faibles plus ce phénomène d'altération est prononcé. Ceci engendre une surface usinée hétérogène du point de vue du comportement thermomécanique et des variations de dureté au niveau de la surface de mise en contact de la préforme lors de la frappe dans le cas particulier des outillages de forge. Lors de la simulation du processus de forgeage ces hétérogénéités ne sont pas prises en compte. Il apparaît donc important d'éliminer autant que possible les chutes de vitesses de coupe.

3 Respect de la vitesse de coupe

Les phénomènes d'endommagement étant liés au non respect de la vitesse de coupe, nous analysons dans ce paragraphe les paramètres ayant une influence sur les variations de vitesse de coupe en cours d'usinage.

3.1 Processus UGV standard

Nous considérons l'usinage d'un outillage de forge dans sa phase de finition. Pour cela nous avons choisi comme ressource d'usinage une machine 3 axes associée à un outil à bout sphérique. Deux stratégies d'usinage largement utilisées dans les logiciels FAO sont analysées : stratégie « plans parallèles » et stratégie de contournage par niveau de Z (Z level). Afin d'analyser les stratégies proposées, nous nous sommes inspirés des nombreux travaux d'étude de la zone de contact outil/pièce [6] [7]. L'analyse de la stratégie « plans parallèles » (figure 1), permet de mettre en évidence les variations de la zone de contact outil/pièce, différentes d'un trajet à l'autre.

Pour le trajet outil de la figure 1.a, la position de la surface de contact se situe toujours proche de la pointe de l'outil. Cette position va entraîner des problèmes d'évacuation de copeau, d'arrachement de matière et d'usure prématurée de l'outil. Néanmoins, la forme de l'aire de contact outil/pièce reste quasi constante. Pour le trajet outil de la figure 1.b, la position et la forme de la surface de contact varie de manière significative le long du trajet. Ainsi, l'outil alterne des configurations d'usinage en son centre, en montant et en descendant. Les conséquences de ces changements de configurations d'usinage porteront sur plusieurs phénomènes : flexions d'outil, création de couches non homogène d'un point de vue thermomécanique, apparitions de microfissures.

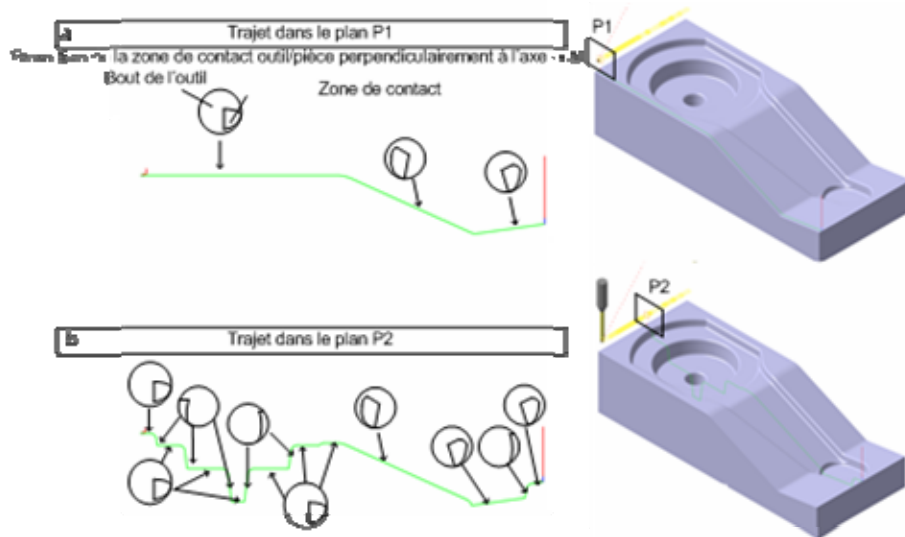


Fig 1 :Analyse du contact outil/pièce pour la stratégie « plans parallèles »

Pour le trajet outil issu de la stratégie par niveau de Z (figure 2), que la forme et la position de la surface reste constante sur la majeure partie de la surface de la pièce. Néanmoins, il existe des zones où l'engagement de l'outil peut varier, notamment les zones où le rayon de courbure de la pièce est inférieur ou égal au rayon de l'outil. De plus, cette stratégie engendre la multiplication des entrées et sorties matière. A chaque entrée ou sortie matière l'engagement radial de l'outil étant en variation continue, les efforts de coupe varient et par conséquent la déformée de l'outil. L'outil peut ainsi fléchir vers l'extérieur de la matière et laisser un surplus de matière, ou bien fléchir vers la matière et enlever trop de matière. Ainsi, les entrées et sorties matière ont un impact direct sur le respect du défaut de forme.

L'analyse des deux stratégies étudiées met en évidence les causes de dégradation les plus significatives : le non respect de la vitesse de coupe et les phénomènes liés au choix de direction et sens d'usinage (vibrations, flexion outil...) qui influent directement sur la zone de contact outil/pièce.

L'utilisation de stratégies d'usinage mono direction pour l'outillage complet conduit inexorablement à des trajectoires d'usinage ne permettant pas de limiter les variations de la vitesse effective de coupe.

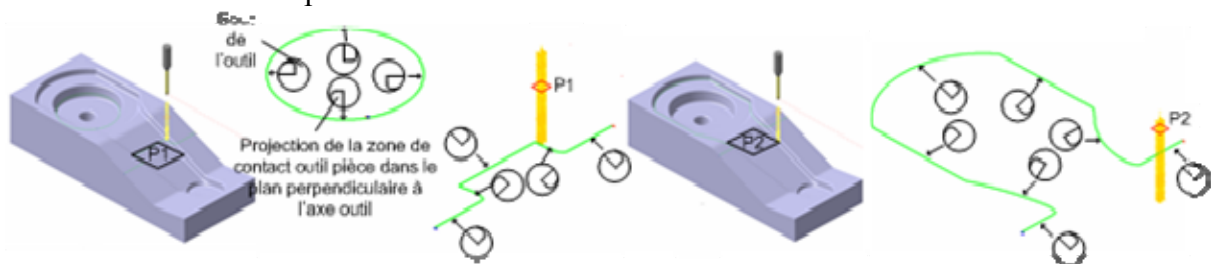


Fig 2 :Analyse du contact outil/pièce pour la stratégie niveau de Z

3.2 Position de la zone de contact outil/pièce

Comme nous l'avons illustrés sur les exemples précédents, la vitesse effective de coupe est liée à la position de la zone de contact entre l'outil et la pièce. Trois paramètres significatifs ont une influence sur cette position : l'angle d'inclinaison de la direction de l'outil par rapport à la direction de la matière (normale à la surface du côté libre de la matière), la direction et le sens d'usinage.

Pour analyser la zone de contact outil/pièce sur l'ensemble de la pièce, nous avons choisi de ne pas en calculer sa position, sa forme et son aire : ce calcul nécessite de connaître les directions et sens de balayage de la pièce. De plus, dans notre travail nous ne cherchons pas à calculer avec précision les conditions de coupe mais à isoler les portions de la pièce ayant une position de zone de contact outil/pièce quasi constante. Nous proposons d'analyser cette position en utilisant l'angle β entre la direction de la surface obtenue à partir de l'attribut de direction de la matière et la direction de l'axe outil figure 3.a.

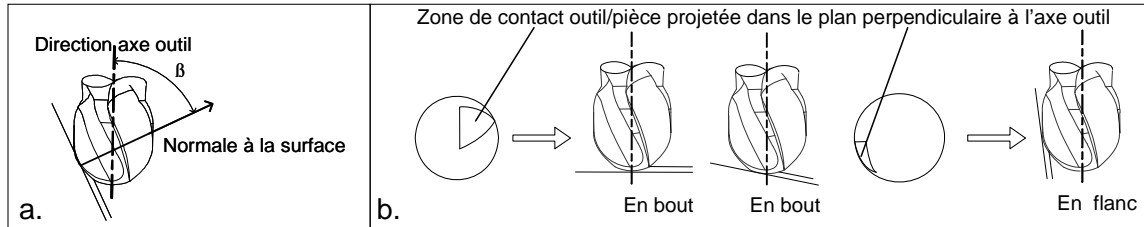


Fig 3 : Estimation de la zone de contact outil/pièce

A partir du calcul de l'angle β , nous pouvons extraire deux types de surface de contact : contact «horizontal ou quasi-horizontal» et «quasi-vertical» figure 3.b. Le premier type de contact outil/pièce se situe à proximité de la partie active de l'outil, proche de l'axe de rotation de l'outil ce qui implique une très forte diminution de la vitesse effective de coupe. Au contraire le second type de contact outil pièce se situe sur la périphérie de la partie active de l'outil. Ecarté de l'axe de rotation de l'outil ce type de contact implique une vitesse effective de coupe plus proche de la vitesse théorique.

3.3 Cartographie de la position de la zone de contact

Afin de pouvoir analyser le type de zone de contact outil/pièce, nous exploitons le concept de «viewer». Cette première utilisation permet de générer la cartographie de contact outil/pièce sur le modèle CAO de l'outillage. L'objectif de cette cartographie est de rechercher les zones de la pièce susceptibles d'avoir le même type de contact outil/pièce, donc de vitesses effectives de coupe similaires.

Afin de générer cette cartographie, nous avons choisi de transformer le modèle surfacique (ou volumique) de la pièce en un modèle STL. Cette transformation est réalisable dans la majorité des logiciels, FAO à l'aide d'outils intégrés. Ce modèle STL est généré dans le repère de posage de la pièce (axe Z coïncident avec la direction outil). L'exploitation de ce type de modèle géométrique est aisée. En effet, chaque facette STL possède l'attribut de direction de la matière de par l'orientation de sa normale.

La cartographie est obtenue par coloration des facettes du modèle STL suivant le produit scalaire entre la direction de la surface (normale à la facette) et la direction de l'axe outil (suivant l'axe Z du repère d'usinage figure 4). Ce produit scalaire permet d'estimer la valeur de l'angle β apparaissant figure 3.a..

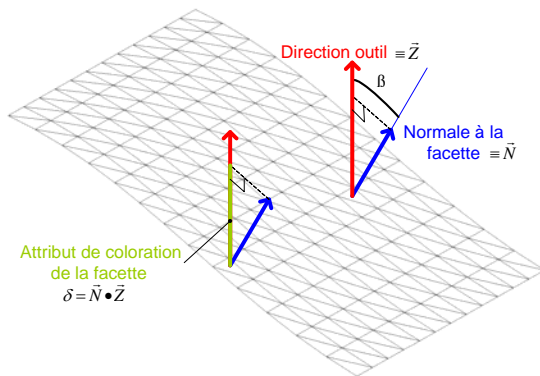


Fig 4 : Construction de la cartographie de la position de la zone de contact outil/pièce

Une échelle de couleur proportionnelle à δ (attribut de coloration figure 4) est exploitée. L'analyse de l'exemple figure 5, permet de distinguer différentes zones types :

- Zones 1 ayant les caractéristiques suivantes : colorée en rouge foncé, teinte unie, $\delta=1$. Dans ces zones, l'outil travaille en bout (figure 3.b.) et la zone de contact outil/pièce qui est constante correspond à une faible vitesse de coupe associée à un outil hémisphérique. Les zones ainsi identifiées sont appelées « zone horizontales ».
- Zone 2 ayant les caractéristiques suivantes : colorée en bleu le plus foncé teinte unie, $\delta=\cos(\varphi)$, φ avec angle de dépouille des surfaces. Dans ces zones, l'outil travaille en flanc (figure 3.b.) et la zone de contact outil/pièce reste constante. La zone ainsi identifiée est appelée « zone dépouillée ».
- Zones 3 ayant les caractéristiques suivantes : colorée en rouge, $\delta\approx 1$. Dans ces zones, l'outil travaille en bout (figure 3.b.). Le seuil limite par rapport aux « zones quasi-verticales » est laissé à l'appréciation du préparateur. Néanmoins, la variation de la plage de couleur permet de visualiser si la position de la zone de contact outil/pièce a une grande variation. Sur l'exemple figure 5, nous distinguons sur la partie supérieure de l'outillage deux zones « horizontales » ($\delta=1$, rouge foncé) en relation avec une zone rouge où $\delta\approx 1$. Au regard de la variation de la coloration de cette zone et des deux « zones horizontales » l'entourant, les zones ainsi identifiées sont appelées « zone quasi-horizontales ».
- Zone 4 ayant les caractéristiques suivantes : colorée en bleu, teinte unie, $\delta\approx\cos(\varphi)$, avec φ angle de dépouille. Dans cette zone l'outil travaille en flanc (figure 3.b.). Le seuil limite par rapport aux « zones quasi-horizontales » est laissé à l'appréciation du préparateur. Néanmoins, la variation de la plage de couleur permet de visualiser si la position de la zone de contact outil/pièce a une grande variation. La zone ainsi identifiée est appelée « zone quasi-verticale ».
- Zones 5 ayant les caractéristiques suivantes : colorée en dégradé. Dans ces zones l'outil enchaîne de manière continue un travail en bout puis en flanc (figure 3.b.). Ces zones ont la particularité d'assurer la transition entre une zone « horizontale » ou « quasi-horizontale » et une zone « dépouillée » ou « quasi-verticale ». Les zones ainsi identifiées sont appelées « zones de variation ».

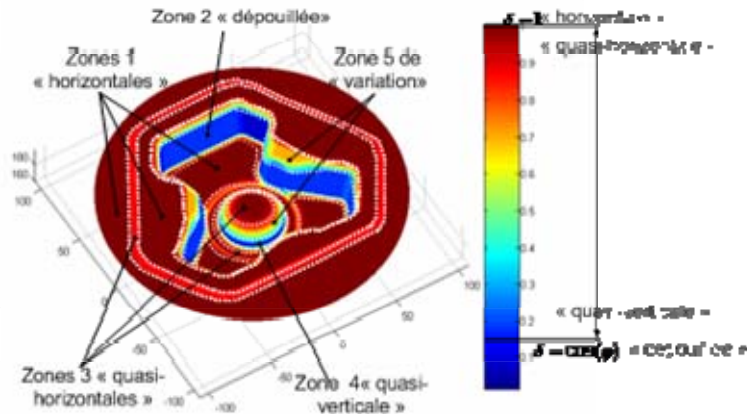


Fig 5 :Matrice d'outillage de carter : Cartographie

3.4 Conclusions : exploitation de la cartographie

Le préparateur à l'usinage peut exploiter la cartographie de la position de la zone de contact des manières suivantes :

- Zones « horizontales et quasi-horizontales » : la vitesse effective de coupe ne permet pas de respecter la vitesse de coupe préconisée pour un outil à bout hémisphérique. Afin de résoudre ce problème le préparateur peut effectuer différent type de choix :
 - changer le type d'outil en passant à un outil torique de plus faible rayon de coin que le rayon de l'outil à bout hémisphérique
 - augmenter la fréquence de rotation de la broche

Pour ce type de zone l'outil travaillant en bout les stratégies d'usinage de type surfaçage ou balayage (plans parallèles, suivi de courbe(s)) sont à privilégier.

- Zones « dépeuillée et quasi-verticales » : la vitesse de coupe est assez facile à respecter étant donné que l'outil travaille en flanc. Pour ce type de zone l'outil travaillant en flanc les stratégies d'usinage de type contournage (niveau de Z, suivie de courbe(s)) sont à privilégier.

4 Enchaînement de surfaces en UGV

L'enchaînement de plusieurs surfaces est une nécessité pour le préparateur dans la mesure où il permet d'éviter des entrées et sorties matière inutiles. En raison des différentes topologies de ces surfaces, l'enchaînement peut engendrer des problèmes d'intégrité de la surface d'usinage (état macro et micro géométrique, état métallurgique) ainsi qu'une usure prématurée de l'outil de coupe.

L'enchaînement de surface est fortement conditionné par la direction et le sens d'usinage. En effet, ces paramètres (direction et sens d'usinage) ont une influence importante sur le respect des conditions de coupe mais aussi sur les nombreux phénomènes physiques liés à la coupe comme les vibrations et la flexion outil par exemple.

4.1 Difficultés d'usinage

Des expérimentations sur le choix de directions et de sens de balayage ont fait l'objet de plusieurs travaux présentés dans la littérature [8] [9]. Un des principaux enseignements issus de ces travaux est le choix de la direction et du sens d'usinage qui doivent permettre un mode de coupe en avalant. Lors de l'usinage de cavités, les directions d'usinage verticales montantes ou descendantes associent l'usinage en avalant et en opposition le long des flancs des cavités et sont donc à éviter. Ces directions d'usinage génèrent de nombreux engagements

et dégagements matière néfastes pour le respect de l'intégrité de l'outil et de la qualité de la surface usinée (défaut de forme). A chaque entrée ou sortie matière l'outil fléchit sous la variation des efforts de coupe et génère une marque. Lors d'une sortie matière, l'engagement de l'outil diminue et ainsi sa déformée engendre une portion de matière non coupée. Les fabricants outil conseillent pour avoir une bonne durée de vie outil d'utiliser des directions d'usinage favorisant des trajets outil aussi continus et longs que possible [10]. En effet, le nombre d'entrées/sorties matière a une influence sur les mécanismes thermiques et de fatigue de l'outil.

4.2 Identification des enchaînements pertinents

Comme nous l'avons vu précédemment, la direction d'usinage a une influence non négligeable sur l'intégrité des surfaces usinées ainsi que sur la durée de vie de l'outil. Nous avons choisi de mesurer la pertinence d'un enchaînement par le nombre d'entrées et sorties matière générées qui lui sont imputables. Pour cela il est nécessaire de détecter les zones de la pièce susceptibles d'avoir une topologie similaire et ainsi limitant le nombre d'entrées/sorties matière.

Dans un premier temps nous nous intéressons particulièrement aux surfaces pouvant être enchaînées à partir d'un plan vertical (figure 6.b.). Ce type d'enchaînement correspond aux directions d'usinage verticales montantes ou descendantes pour les zones d'usinage «horizontales» et «quasi-horizontales» où la direction matière varie légèrement par rapport à la direction outil.

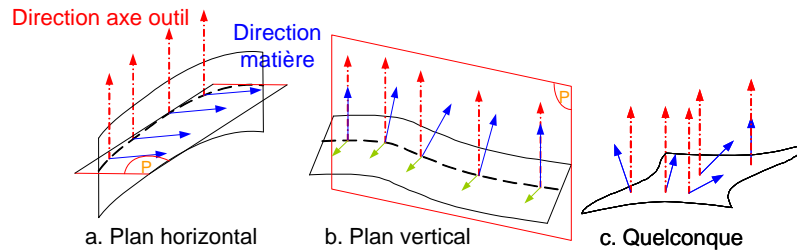


Fig 6 : Typologies d'enchaînement

Cet enchaînement permet de lier des zones ayant des typologies de contact outil/pièce proches et de limiter le nombre d'entrées/sorties matière en les enchaînant avec des trajets d'usinage continus au lieu d'associer pour chaque zone une séquence d'usinage engendrant des entrées/sorties pour passer d'une zone à l'autre. Cet enchaînement appelé «plan vertical» a pour particularité l'existence d'une direction planaire telle que l'ensemble des normales aux surfaces enchaînées en des points situés sur un trajet appartient à un plan vertical. Le principe d'identification des zones correspondant à ce type d'enchaînement est présenté sur la figure 7.

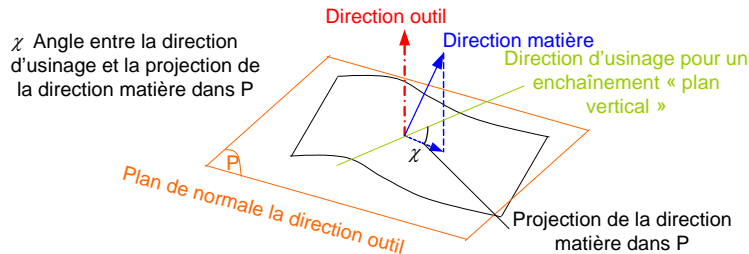


Fig 7 : Recherche d'enchaînement «plan vertical»

Dans un second temps nous nous intéressons aux surfaces pouvant être enchaînées à partir d'un plan horizontal (figure 6.a.). Ce type d'enchaînement correspond aux directions d'usinage horizontales pour les zones d'usinage «quasi-verticales» : par exemple usinage de flancs avec une stratégie par niveau de Z. De la même manière que pour l'enchaînement «plan

vertical», ce nouvel enchaînement permet de lier des zones ayant des typologies de contact outil/pièce proches et de limiter le nombre d'entrées/sorties matière. Cet enchaînement appelé «plan horizontal» a pour particularité que l'ensemble des normales aux surfaces a une direction constante par rapport au plan horizontal (plan perpendiculaire à l'axe de l'outil). Il n'est pas nécessaire de rechercher ce type d'enchaînement. En effet, si les normales aux surfaces enchaînées ont une direction constante par rapport à un plan horizontal, elles ont aussi par conséquent une direction constante par rapport la direction outil ce qui correspond à la définition d'une zone d'usinage «quasi-horizontale simple». Ainsi, la cartographie de «position de la zone de contact outil/pièce», nous fournit déjà l'information d'enchaînement des surfaces par «plan horizontal».

Les zones n'ayant aucune direction planaire privilégiée sont appelées zones «quelconques». Pour ces zones on ne peut pas trouver d'enchaînement de type «planaire» figure 6.c.

4.3 Concept de « viewer » appliqué à la recherche d'enchaînement

L'objectif du second type de cartographie est de rechercher les zones de la pièce où les surfaces sont susceptibles d'être enchaînées suivant une direction d'usinage verticale. Un ensemble de cartographies est réalisée par coloration des facettes du modèle STL de l'outillage pour plusieurs directions d'enchaînement par plan vertical.

Pour la détection de ces zones d'enchaînement, plusieurs directions, variation angulaire de 90° entre le premier plan vertical et le dernier sont testées. Le nombre de directions testées est défini par un pas angulaire entre chaque plan vertical. Pour une direction d'usinage donnée, chaque facette est coloriée selon l'angle χ défini dans le plan normal à la direction outil (plan P, figure 7). Un exemple de ces cartographies est illustré sur la figure 8.

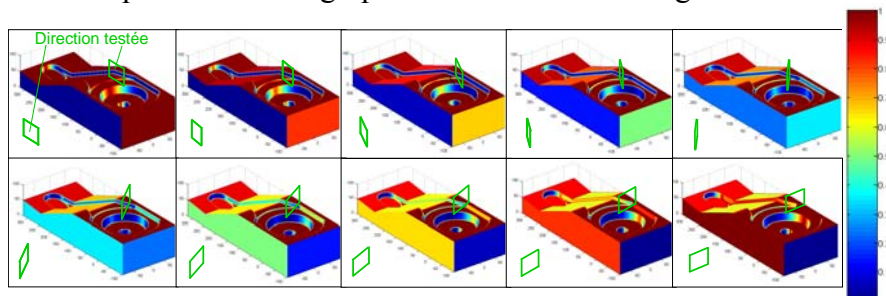


Fig 8 :Cartographies d'enchaînement de surface

5 Synthèse des résultats : Obtention de zones d'usinage

La synthèse des résultats obtenus par cartographies a pour objectif de superposer les zones identifiées à l'aide du « viewer ». Le préparateur vient associer les carreaux ou portions de carreaux du modèle B-Rep aux zones retenues après la synthèse.

5.1 Etape 1 : Identification de zones d'usinage

L'identification des zones d'usinage est réalisée à partir des cartographies de la position de la zone de contact et d'enchaînements. Les définitions des zones d'usinage sont celles données aux paragraphes 3.2 et 4.2. L'exploitation de la cartographie de «position de la zone de contact outil/pièce» permet d'identifier les zones «horizontales», «quasi-horizontales», «dépeuillées» et «quasi-verticales» figure 9.a. L'exploitation de la cartographie «d'enchaînement de surfaces» permet d'identifier les zones enchaînables «plan vertical» obtenues pour une direction d'enchaînement testée figure 9.c.

5.2 Étape 2 : Imbrication de zones d'usinage

La seconde étape consiste à définir les zones d'usinage résultant de la superposition de celles identifiées à l'étape 1. Les zones « horizontale » et « quasi-horizontale » sont groupées (figure 9.b.) : ces zones ont une typologie de position de zone de contact outil/pièce similaires (travail en bout de l'outil). Le regroupement de ces zones permettra d'enchaîner un maximum de surfaces selon la direction d'usinage associée à la zone « plan vertical ». Dans la zone A (figure 9.c.), la portion de zone « dépeuillée » enchaînable par « plan vertical » pour la direction d'usinage testée n'est pas regroupée avec les zones « horizontales » l'entourant : ces zones ne peuvent être regroupées étant donnée la différence de typologie de contact outil/pièce. Ce choix se base sur le fait que la position de la zone de contact outil/pièce doit rester prioritaire sur l'enchaînement des surfaces au regard des types de surface à usiner sur les outillages. En effet, en favorisant la position de la zone de contact outil/pièce, nous limitons les variations importantes de contact outil/pièce et donc les phénomènes induits.

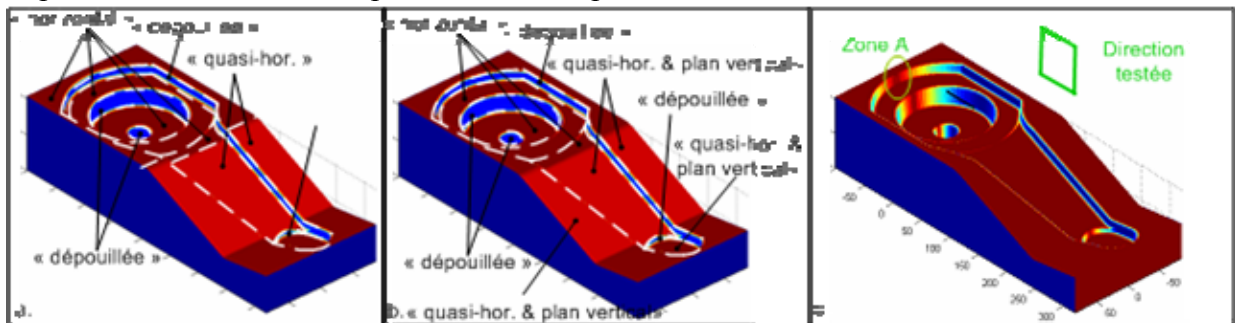


Fig 9 : Imbrications de zones d'usinage

6 Conclusions

L'intégration de difficultés d'usinage lié au processus d'UGV de pièces de formes complexes doit être au cœur de la démarche du préparateur à l'usinage. Dans ce cadre nous avons élaboré un outil d'aide à l'identification de zones d'usinage critiques vis-à-vis des conditions de coupe. Cette identification est basée sur un ensemble de cartographies du modèle CAO de la pièce construit selon des critères issus de difficultés d'usinage : c'est le concept de « viewer ». Deux difficultés d'usinage directement transposables à la géométrie du modèle CAO sont intégrés au concept : la position de la zone de contact outil/pièce et la pertinence d'une direction d'enchaînement de surface avec des processus d'usinage classiques. Deux types de cartographie sont ainsi associées : cartographie de contact outil/pièce, cartographie d'enchaînement de surface. A l'aide de ces cartographies, nous expliquons comment les exploiter d'identifier des zones d'usinage sous-tendant l'identification d'entités d'usinage notamment au niveau du choix des types d'outil de coupe et des directions d'usinage.

Références

- [1] T. ALTAN, B. LILLY, Y.C. YEN, *Manufacturing of Dies and Molds*, Annals of the CIRP, Keynote Papers, vol. 2, pp. 104-115, 2001.
- [2] T.I. EL WARANDY, H.A. KISHAWY, M.A. ELBESTAWI, *Surface integrity of die material in high speed hard machining Part 1 : Micrographical analysis*, Journal of manufacturing science and engineering, vol. 22, n°4, pp. 620-631, 2000.

- [3] S.S. BOSHEH, P.T. MATIVEGA, *White layer formation in hard turning of H13 tool steel at high cutting speeds using CBN tooling*, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.46, pp. 225-233, 2006.
- [4] G. POULACHON, *Usinabilité des matériaux métalliques dans des conditions extrêmes. Analyse aux échelles micro/méso et applications dans le cadre d'un développement durable*, Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, LaBoMaP CER ENSAM Cluny, 2006.
- [5] P.T. MATIVENGA, K.K. HON, *A study of cutting forces and surface finish in high-speed machining of AISI H13 tool steel using carbide tools with TiAlN based coatings*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering, vol.217, pp. 143-151, 2003.
- [6] K.-D. BOUZAKIS, P. AICHOUH, K. EFSTATHIOU, *Determination of the chip geometry, cutting force and roughness in free form surfaces finishing milling, with ball end tools*, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 43, pp. 499-514, 2003.
- [7] A. LAMIKIZ, L.N. LOPEZ DE LACALLE, J.A. SANCHEZ, M.A. SALGADO, *Cutting force integration at the CAM stage in the high-speed milling of complex surfaces*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, vol. 18, N°7, pp. 586-600, 2005.
- [8] C.K. TOH, *Cutter path orientations when high-speed finish milling inclined hardened steel*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 27, pp. 473-480, 2006.
- [9] J. VIVANCOS, C.J. LUIS, L. COSTA, J.A. ORTIZ, *Optimal machining parameters selection in high speed milling of hardened steels for injection moulds*, Journal of Materials Processing Technology, vol. 155-156, pp. 1505-1512, 2004.
- [10] Sandvik-Coromant, <http://www.coromant.sandvik.com/fr>, Die & Mold Making, Application Guide.