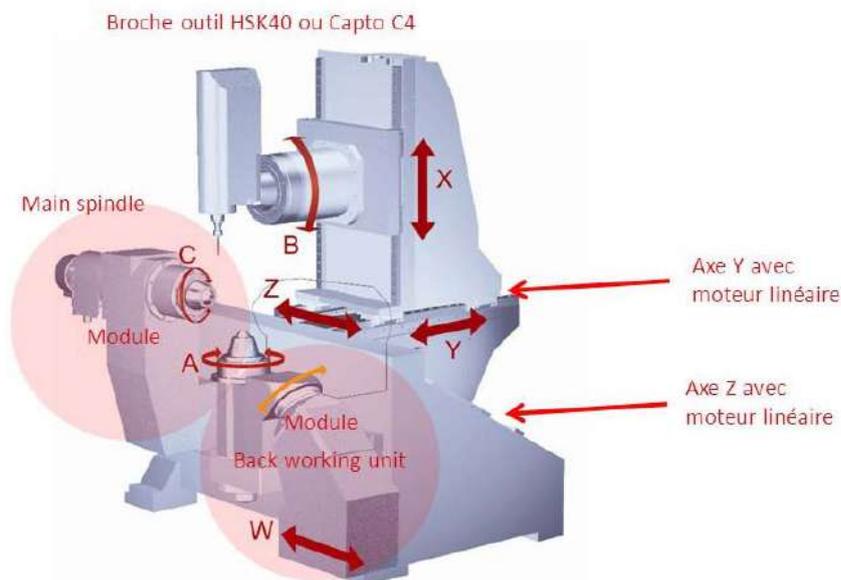


## Chapitre III A : Usinage complexe et contournage multiaxes (4 axes et 5 axes)

### Partie I : Usinage complexe

#### 1- Qu'est-ce que l'usinage complexe ou usinage à 5 axes?

L'usinage 5 axes fournit de multiples possibilités quant aux tailles et aux formes de pièces que vous pouvez usiner. Le terme "5 axes" se rapporte au nombre de directions dans lesquelles l'outil d'usinage peut se déplacer. Sur un centre d'usinage 5 axes, l'outil d'usinage se déplace sur les axes linéaires X, Y et Z et tourne sur les axes A et B pour approcher la pièce dans toutes les directions. En d'autres termes, vous pouvez traiter cinq côtés d'une pièce en une seule configuration.



#### 1.1- Usinage simultané 5 axes par rapport à l'usinage 3+2

En usinage simultané 5 axes, les trois axes linéaires de l'outil de la machine (X, Y et Z) et deux axes rotatifs (A et B) travaillent simultanément pour effectuer un usinage complexe sur la pièce. Avec le 3+2, la machine exécute un programme de fraisage 3 axes avec l'outil d'usinage verrouillé en position inclinée, utilisant ses deux axes rotatifs. Le processus, également connu sous le nom d'usinage positionnel 5 axes, repose sur les quatrième et cinquième axes pour orienter l'outil d'usinage dans une position fixe, plutôt que de le manipuler en continu pendant le processus d'usinage.

L'usinage en (3+2) axes est une technique utilisant une programmation de fraisage trois axes avec une fraise verrouillée en une position inclinée en exploitant les deux axes de rotation d'une machine cinq axes, d'où le nom donné de 3 + 2 axes, (figure 1). On l'appelle aussi "usinage cinq axes positionnés" car les quatrième et cinquième axes servent à orienter l'outil de coupe sur une position fixe plutôt que de manipuler l'outil en permanence durant le processus d'usinage. Ceci distingue un

usinage en 3 + 2 axes de l'usinage en cinq axes continus ou simultanés. D'autres noms apparaissent comme usinage incliné, fixe ou basculé en référence à l'angle caractéristique imposé à la fraise.

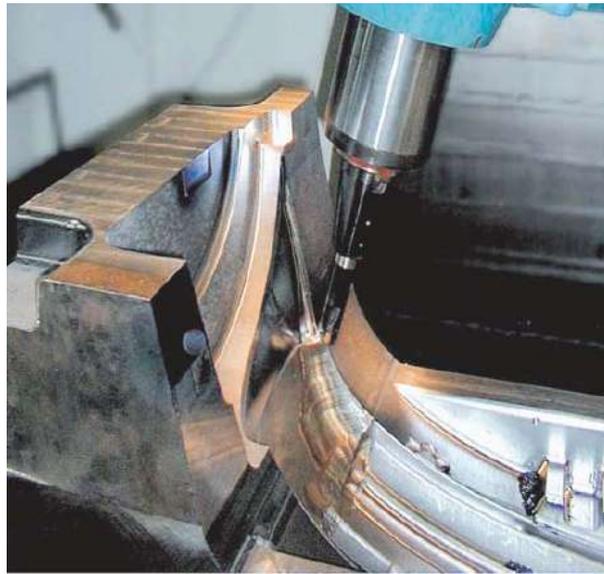


Figure 1- Cette grosse pièce peut être sortie avec des outils plus courts, à plus grande vitesse et avec un meilleur fini en l'usinant en 3 + 2 axes avec un logiciel approprié.

**Avantages de l'usinage en 3 + 2 axes** Le principal avantage de l'usinage 3 + 2 axes est qu'il **permet d'utiliser des outils plus courts, donc plus rigides**, que ce qui serait permis en usinage classique en trois axes. En usinage 3 + 2, **la poupée porte broche peut être approchée plus près de la pièce lorsque la fraise se trouve en position angulaire par rapport à la surface usinée**. L'utilisation d'un outil plus court, de son côté, autorise des vitesses de coupe et d'avance plus élevées avec un moindre risque de fléchissement de l'outil. Le résultat est **l'obtention d'un bon état de surface et d'une précision dimensionnelle supérieure** avec un temps de cycle réduit. D'autres avantages incluent des parcours d'outil limités, une réduction du nombre de lignes de codes de programme et moins de montages de repositionnement sur la machine.

### 1.2- Domaines étendus d'applications

Cette technique d'usinage intéresse bien des secteurs de l'industrie mécanique en plus de l'aéronautique où l'on trouve des pièces volumineuses de structures désormais monoblocs et exigeant, souvent, des opérations difficiles avec des outils longs et minces, voire avec des rallonges d'outils. Il convient de souligner qu'elle a d'abord séduit le secteur de la fabrication des gros moules et matrices complexes à cavités profondes où le recours nécessaire à des outils longs et sujets à fléchissement entraînait des vibrations, donc du broutage.

**L'usinage en 3 + 2 a permis de procéder à des usinages arrières dans les empreintes et à des usinages de parois escarpées** directement sur des noyaux de moules sans avoir à les déplacer. Cette stratégie a pu accélérer de nombreuses opérations autrement coûteuses en temps et en immobilisation de personnel en éliminant, entre autres, des passages sur une machine d'électroérosion qui ne battra jamais l'usinage par enlèvement de copeaux pour ce genre d'opération.

Bien sûr, toute pièce soulevant des difficultés, voire créant un véritable défi en matière de conditions de coupe lorsqu'elle est prévue pour être usinée sur une machine cinq axes en simultané demande à être considérée comme candidate à un usinage en 3 + 2 axes. Un exemple est l'usinage

de tubes à profil incurvé ou angulaire dans des pièces, comme des ouvertures sur un chapeau de cylindre ou des conduits sur un corps de vanne, bien sûr si le logiciel de programmation supporte l'application.

Par ailleurs, l'usinage en 3 + 2 peut apporter une facilité intéressante pour la fabrication de certains types de pièces à partir d'un bloc brut plutôt que de passer par un moulage complexe. Pour la fabrication des prototypes la technique est aussi idéale.

**Percer des trous à des angles différents en un seul montage représente un avantage supplémentaire de l'usinage en 2 + 3.** Aligner le foret à l'orientation correcte est accompli en programmation au lieu de le faire dans l'atelier au moyen de montages multiples et avec une fixation complexe.

### 1.3- Comment procède-t-on en trois axes?

Un moyen de se faire une idée de l'usinage en 2 + 3 consiste à visualiser comment les détails de la pièce choisie pourraient être usinés sur un centre d'usinage à broche verticale trois axes si ces détails difficiles tombent dans le plan convenant le mieux pour un usinage en trois axes. Dans certains cas, la pièce pourrait être positionnée sur un montage spécial ou sur un plateau sinus pour être usinée en trois axes à la bonne orientation.

L'usinage en 3 + 2 utilise la position fixe de l'angle de la fraise pour créer le même alignement relatif. Ceci est réalisé en créant un plan de travail virtuel qui localise les détails de la pièce de telle sorte que l'outil incliné exécute le programme trois axes ayant l'effet désiré. Le logiciel de FAO effectue toutes les transformations dans le système de coordonnées pour produire ces résultats.

**Ce qui est amusant en usinage 3 + 2 c'est que les plans de travail peuvent être établis pour de multiples endroits de la même pièce. L'utilisateur peut sélectionner ces endroits partout où l'usinage 3 + 2 est avantageux et pratique, sans avoir à repositionner la pièce.** Un exemple serait la prise de passes arrière sur les faces opposées d'une poche.

Les opérations d'usinage en 3 + 2 peuvent se dérouler en succession avec la fraise repositionnée à l'angle voulu entre deux opérations. Pour cette raison, la technique a été appelée "usinage indexé" dans certains contextes. La seule exigence pour l'indexage est qu'il se tienne entre deux surfaces créées à différents angles de l'outil, ce qu'il faut examiner avec soin pour s'assurer que l'effet recherché sera bien produit. Les résultats obtenus apparaissent sous forme de fonction du logiciel de programmation à son niveau de développement, (figure 2).

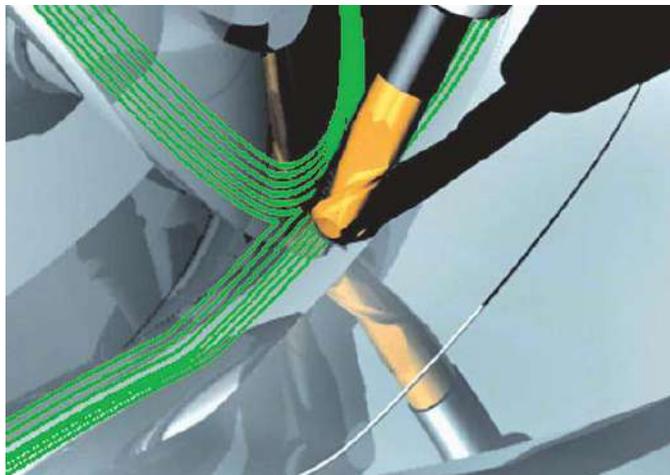


Figure 2 - La finition d'un angle bénéficie aussi de l'usinage en 2 + 3. La simulation du parcours d'outil montre comment l'outil incliné peut usiner un angle qui pourrait, autrement nécessiter de l'électroérosion.

### Complément du vrai cinq axes

L'usinage en 3 + 2, bien que technique très commode, est une des options qui valorisent un centre d'usinage cinq axes simultanés. Il n'est pas pour autant un substitut de cet usinage cinq axes. Par exemple on a besoin de l'usinage cinq axes continu pour utiliser une fraise à queue à bout plat pour générer des angles vifs dans une cavité. **Le 3 + 2 fait généralement appel à une fraise à bout hémisphérique comme en usinage trois axes.** Les autres usinages faisant appel à des fraises coniques, sucre d'orge ou d'autres formes spéciales peuvent nécessiter un vrai mouvement cinq axes pour optimiser les résultats obtenus. Dans certains cas, ébaucher en 3 + 2 avec une fraise courte plus agressive et finir en cinq axes est recommandé. Pour l'ébauche, la longueur d'outil réduite permet d'utiliser des techniques d'usinage à grande vitesse. **Souvent, utiliser ensuite pour enlever la matière restante un outil plus large peut se faire avantageusement aussi en 3 + 2.**

### 1.4- POURQUOI LE 5 AXES SIMULTANÉS

La technologie 5 axes simultanés élève le seuil pour les types de géométries de pièces que vous pouvez usiner. En vous donnant les moyens de produire des composants extrêmement complexes en une seule configuration, nos machines à 5 axes permettent à vos ingénieurs de laisser libre cours à leur imagination et redéfinissent vos capacités globales.

### 1.5- AVANTAGES DE L'USINAGE A 5 AXES

- Usinage de formes complexes en une seule configuration pour une productivité supérieure
- Economie de temps et d'argent avec moins de préparatifs pour les dispositifs
- Augmentation du rendement et de la trésorerie tout en réduisant les délais d'exécution
- Précision de pièce supérieure puisque la pièce ne se déplace pas sur des postes de travail multiples
- Possibilité d'utiliser des outils d'usinage plus courts pour des vitesses de coupe supérieures et des vibrations d'outil inférieures.
- Obtention de finitions de surface supérieures et d'une meilleure qualité de pièce globale, (figure. 3).



Figure.3 : L'USINAGE A 5 AXES

## Partie II : Contournage multiaxes (4 axes et 5 axes)

### 2- A propos du contournage :

Le contournage est utilisé en ébauche ou en finition pour des surfaces verticales ou inclinées. Les surfaces sélectionnées doivent permettre une trajectoire d'outil continue. La profondeur de la coupe peut être définie à l'aide du paramètre PROFONDEUR\_PASSE.

- Pour ne faire qu'une passe de contournage autour de la pièce à la profondeur maximale, attribuez à PROFONDEUR\_PASSES une valeur supérieure à celle de l'épaisseur de la pièce.
- Pour créer une succession de passes de contournage avec un décalage horizontal, utilisez les paramètres PASSES\_CONTOUR et INCREMENT\_CONT.

La figure 4 présente un contournage 3 axes.

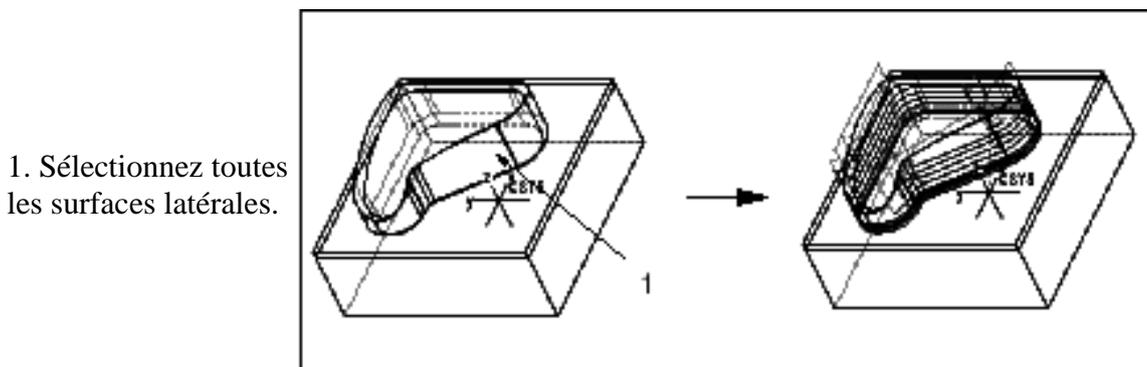


Figure. 4 : Contournage 3 axes

Par défaut, le système détecte les contre-dépouilles pendant le contrôle de collision de la trajectoire d'outil de contournage 3 axes. Si vous voulez usiner une contre-dépouille, réglez TYPE\_CONTROLLE\_COLLISION sur POINTE\_SEULE.

La figure 5 présente l'usinage d'une contre-dépouille.

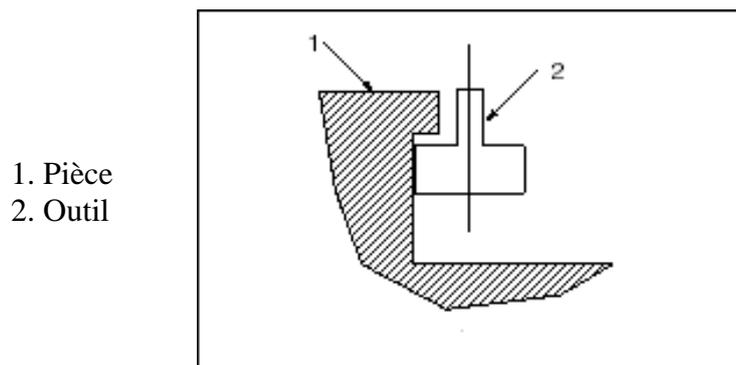


Figure. 5 : L'usinage d'une contre-dépouille

Le contournage 3 axes usine les arêtes supérieures horizontales des surfaces sélectionnées, comme cela est indiqué sur la figure 6. S'il y a une autre surface limitant l'arête supérieure, sélectionnez-la comme surface de contrôle pour le contrôle de collision.

1. Position de l'outil la plus haute (pour nettoyer l'arête)
2. Sélectionnez ces surfaces pour le contrôle de collision.
3. Surface en cours de contournage (vue latérale)

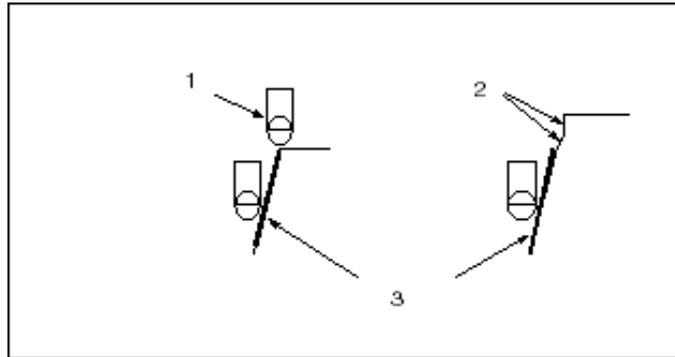


Figure. 6 : Usinage des arêtes supérieures horizontales des surfaces sélectionnées

Le contournage 5 axes peut être utilisé pour usiner en roulant, comme cela est indiqué sur la figure 7. L'axe de l'outil reste tangent à la surface usinée. Utilisez le paramètre `DECALAGE_AXE` pour décaler la profondeur de la découpe le long de l'axe de l'outil et pour définir le paramètre sur une valeur positive. Un décalage d'axe positif permet de modifier le point de contact du côté de l'outil.

1. `DECALAGE_AXE`

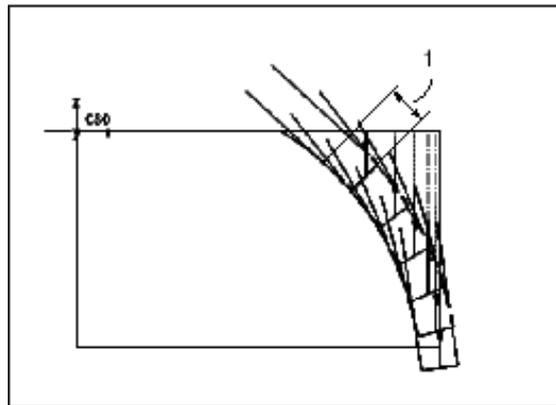


Figure. 7 : Le contournage 5 axes en usinage en roulant

### 3- LES STRATEGIES 2 AXES :

#### 3.1- Surfaçage : Surfaces étendues

Avec la stratégie « Surfaçage », les zones planes sont usinées rapidement et aisément en mode sens unique ou zigzag. Plusieurs surfaces indépendantes peuvent être usinées en même temps, (figure 8).

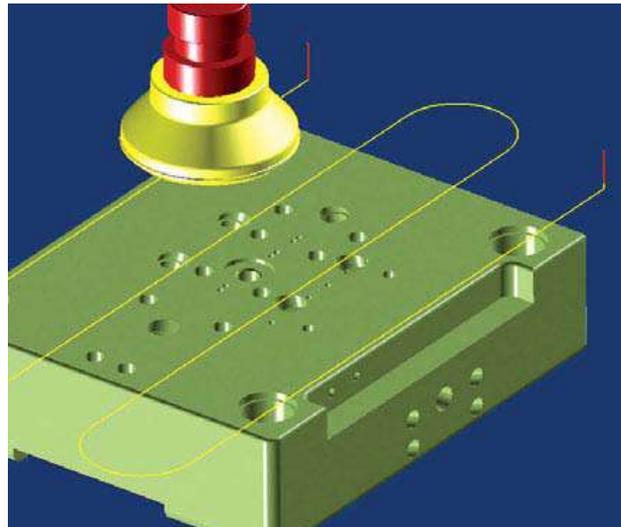


Figure. 8 : Mode zigzag avec changement de direction arrondi

#### 4- USINAGE DE POCHE : Poches ouvertes et fermées avec ou sans îlots, poches circulaires et rectangulaires

Ainsi, toutes les poches peuvent être usinées, même celles comprenant des îlots et d'autres poches de hauteur et de profondeur variables. La stratégie recherche toujours un point de départ pour une passe en-dehors du matériau. Si c'est impossible, la passe a lieu directement dans le matériau via une rampe ou une hélice selon le type de fraise et le réglage. Cette stratégie prend également en charge les cycles de commande pour les poches circulaires et rectangulaires, (figure 9).

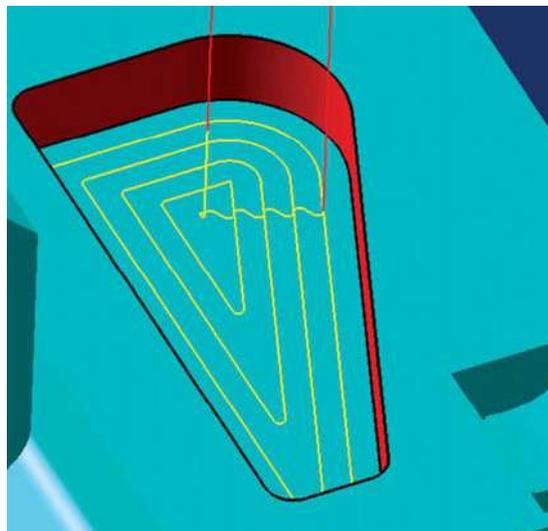
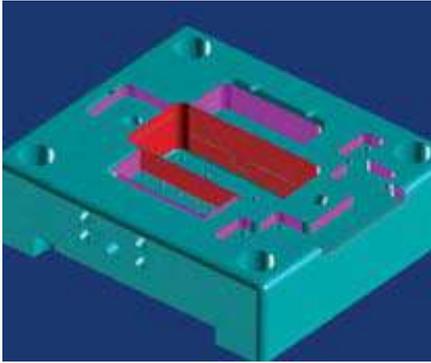
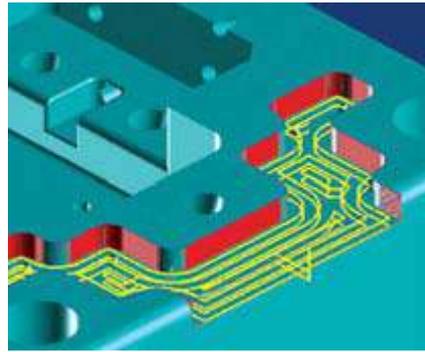


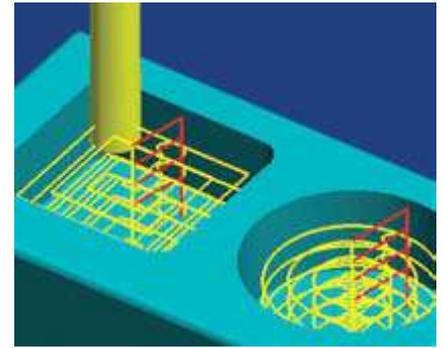
Figure 9 : Nombre réduit de mouvements rapides et trajets à vide



Détection automatique des fonctions technologiques



Usinage complet du bas



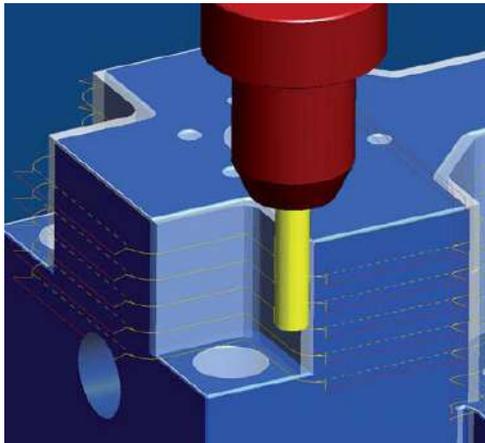
Prise en charge les cycles de commande 2 axes

**5- CONTOURNAGE 2 AXES : Usinage optimisé de contours ouverts et fermés**

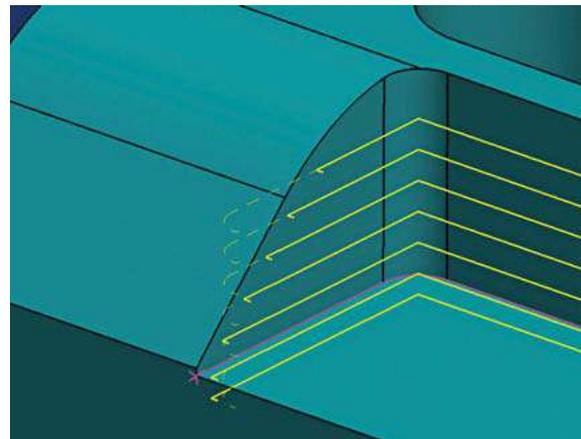
Les contours complexes sont usinés avec la stratégie Contournage. Vous avez le choix entre bande centrale et bande de contour incluant la correction du trajet d’outil G41/G42..

Orientation automatique, optimisation des mouvements rapides et tri des contours assistent l’utilisateur lors de la programmation des modèles à plusieurs contours ou de l’usinage des géométries de poche détectées automatiquement.

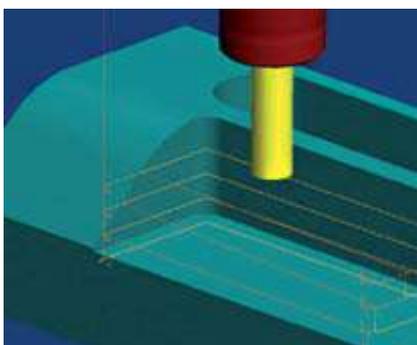
La recherche automatique du point de départ associée à des engagements et dégagements intelligents veille à ce que l’usinage s’opère toujours dans les meilleures zones avec la stratégie d’engagement la plus adaptée. Grâce à la subdivision automatique de la coupe, les passes multiples et la sélection d’une surépaisseur de finition supplémentaire, les outils peuvent être utilisés efficacement et en toute sécurité.



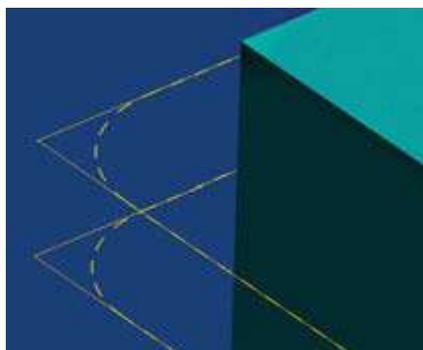
Usinage par niveau Z



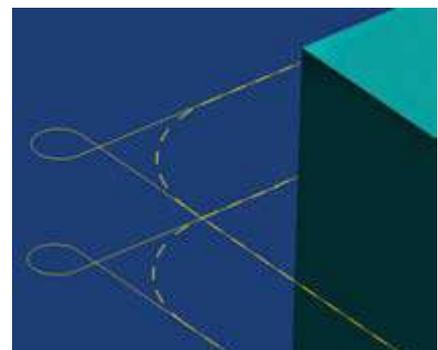
Ajustage 2 axes au modèle



avec subdivision automatique de la coupe



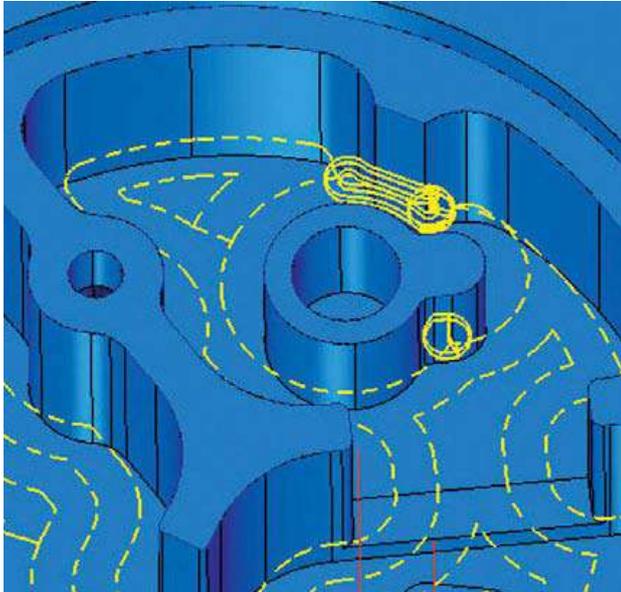
Arrondissement des bords extérieurs



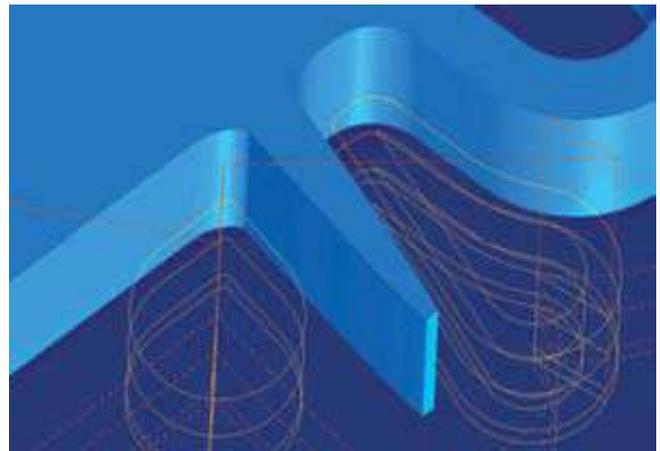
avec boucle

### 6- REPRISE DE MATIERE RESIDUELLE : Usinage de la matière résiduelle

Pour les zones inaccessibles avec les outils de grande taille lors du contourage 2 axes et de l'usinage de poches, cette stratégie calcule des trajets d'outils distincts pour les fraises de dimensions inférieures. La comparaison entre le contour original et un cycle de référence permet de détecter et d'usiner automatiquement toutes les zones non traitées. Les zones au sein d'un contour et celles situées entre plusieurs contours sont détectées.



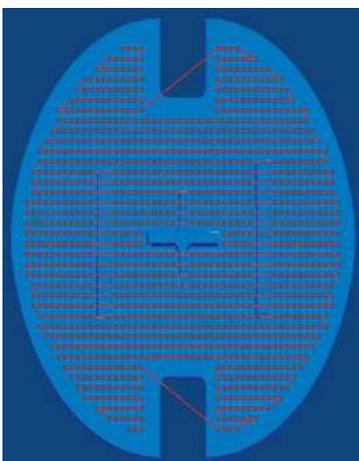
Reprise de matière résiduelle en contourage



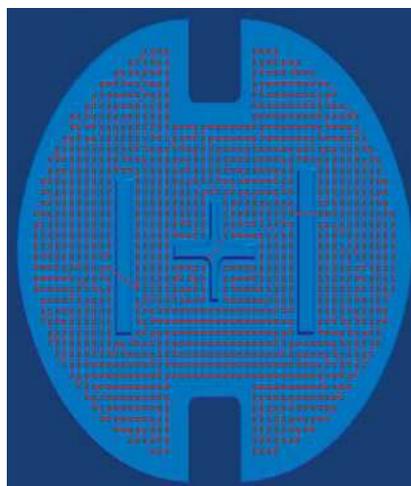
Passé tangente pour des surfaces optimales ou en usinage de poche

### 7- PERÇAGE : Centrage, perçage simple, perçage avec débouillage, perçage avec brise-copeaux, alésage et alésage à la barre, filetage à la fraise et taraudage, perçage de trous profonds

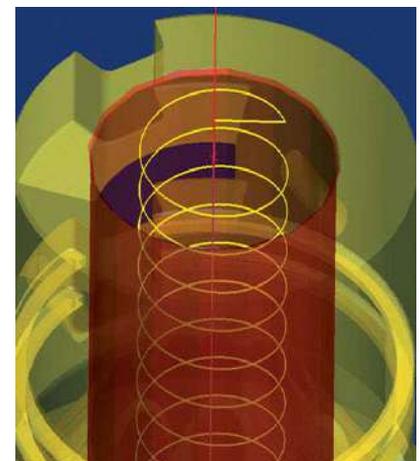
Associées aux fonctions technologiques et aux macros, les stratégies et fonctions de perçage garantissent une programmation ultra-efficace. Par ailleurs, en fonction du type de commande, la technique de sous-programme, les listes de points et les cycles d'usinage correspondants sur la machine sont pris en charge ou édités par le post processeur en tant que mouvements individuels ou en tant que simples mouvements G1. Pour le perçage hélicoïdal, la fraise se visse sur une passe hélicoïdale vers le bas. L'angle d'inclinaison de la spirale peut être défini par l'utilisateur dans l'environnement technologique applicable. Le filetage à la fraise permet d'usiner un filetage intérieur ou extérieur. L'option de perçage de trous profonds permet de fraiser en profondeur.



Optimisation du perçage: parallèle à X



Optimisation du perçage: trajet le plus court



Perçage hélicoïdal avec angle

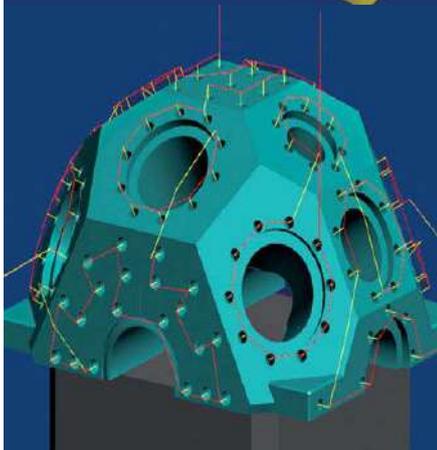
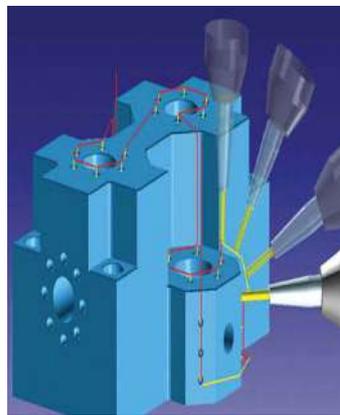
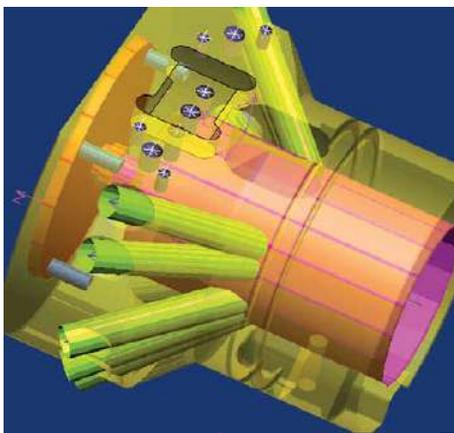
d'inclinaison librement définissable

## 8- PERÇAGE 5 AXES : Perçage avec des positions d'outil variables dans une opération avec des déplacements réduits

Avec la fonction « Perçage 5 axes », les perçages sont programmés automatiquement et rapidement avec des positions d'outil variables dans une opération. Une fonction automatique calcule la position d'outil et associe les points d'engagement des perçages de manière optimisée pour le trajet.

Dans certaines zones de perçage, le plan de sécurité peut être défini très près de la pièce. Pour usiner plusieurs zones de perçage avec des positions d'outils variables, il convient de définir des positions de recul supplémentaires qui réduisent les déplacements. Le contrôle des collisions par rapport au modèle est automatique pour les mouvements d'approche entre les points de perçage et les mouvements entre les plans d'usinage. Lorsque des collisions sont détectées, le cycle passe automatiquement à un plan évitant la collision.

Une fonction d'optimisation réduit les déplacements entre les perçages dans un même plan. Lorsqu'un mouvement d'axe de rotation est nécessaire, l'utilisateur indique si l'axe A ou l'axe C doit être utilisé en premier. L'utilisateur peut également choisir la hauteur Z comme critère de tri.



Perçage 5 axes avec fonctions technologiques

Trajet d'outil optimisé entre les perçages avec positions d'outil variables

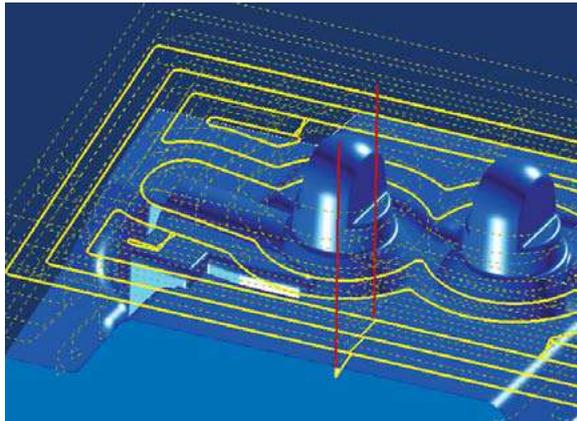
Optimisation du perçage axe B

## 9- LES STRATEGIES 3 AXES :

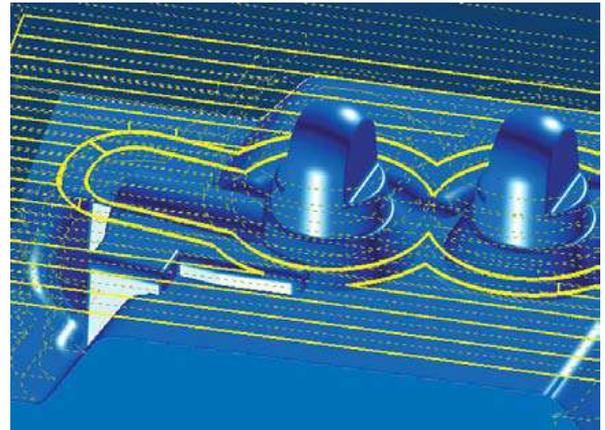
### 9.1- EBAUCHE : Ebauche optimisée et sécurisée, à partir du calcul du brut résultant

Les pièces brutes sont usinées par plan, parallèlement au contour ou à l'axe. Elles peuvent par exemple être générées à partir de modèles de surface et de solides, en tant que résultat d'usinages précédents et sur la base de contours pivotés ou déplacés. Avec les informations précises sur l'état de l'usinage de la pièce, seuls sont fraisés les zones où il reste de la matière.

Les parcours sont optimisés grâce à la définition de l'enlèvement minimum et les trajets à vide et mouvements très brefs sont évités. Le paramètre « Forcer coupe » permet d'utiliser cette stratégie pour la finition préliminaire et l'usinage de matière résiduelle. Ainsi, le dégrossissage crée déjà une surépaisseur uniforme. La saisie des paramètres d'outil tel son diamètre et sa longueur permet d'optimiser les mouvements de plongée. L'avance est automatiquement calculée et adaptée à l'outil. Le re calcul de la pièce brute, en fonction de l'usinage en cours, garantit la prévention active des collisions. Si le corps ou la rallonge entrain en collision avec la pièce brute, une trajectoire d'évitement est appliquée. L'usinage est donc fiable et réalisable avec des outils courts et des profondeurs d'usinage importantes.



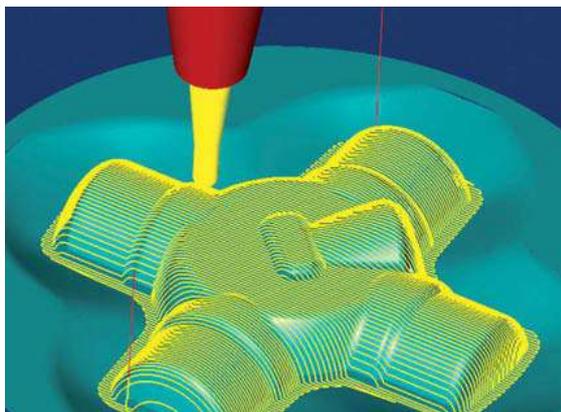
Usinage parallèle au contour



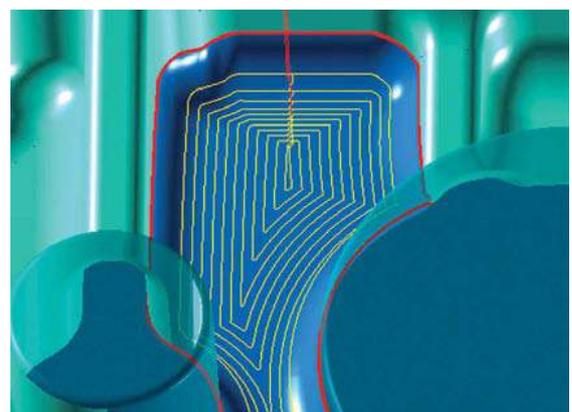
Usinage parallèle à l'axe

**9.2.a- FINITION: FINITION PAR BALAYAGE : Fraisage à proximité du contour**

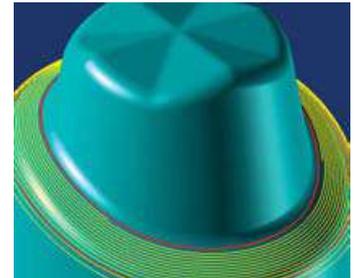
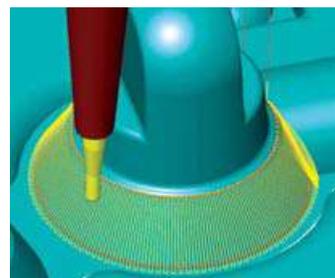
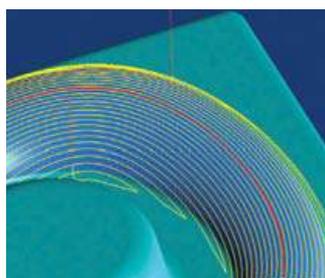
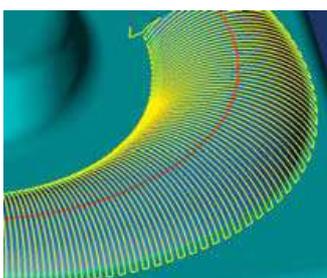
La finition par balayage permet d'usiner des surfaces et des groupes de surfaces à proximité du contour, sans collision et sur toutes les surfaces. Cet usinage offre des stratégies et fonctions d'optimisation multiples permettant d'usiner individuellement les zones complexes et d'adapter les trajets CN aux spécificités d'un modèle.



Usinage parallèle à l'axe



Usinage parallèle au contour



Trajet d'outil perpendiculaire ou normale à la courbe directrice

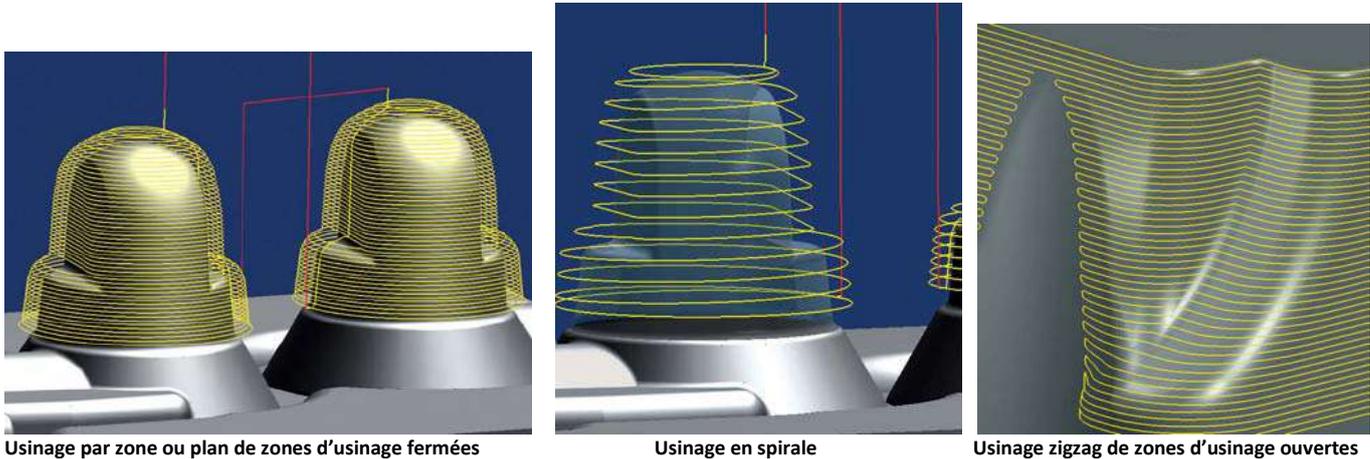
Trajet d'outil de part et d'autre de la courbe directrice

Trajet d'outil vertical réglé par deux courbes directrices

Trajet d'outil ondulé entre courbes directrices

**9.2.b- Finition: finition par niveau Z : Pour les zones à fortes pentes**

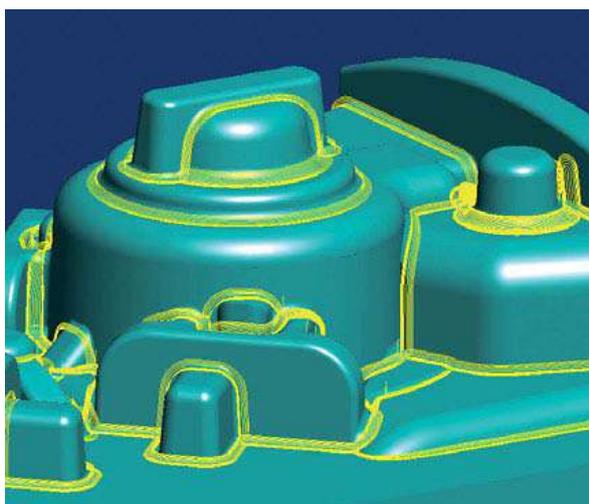
L'usinage est réalisé près du contour sur des plans avec approche en Z constant. Cette stratégie propose de multiples fonctions d'usinage et de paramètres d'optimisation pour un traitement optimal. Dans les zones de fraisage fermées, les résultats sont meilleurs avec la stratégie « en spirale ».



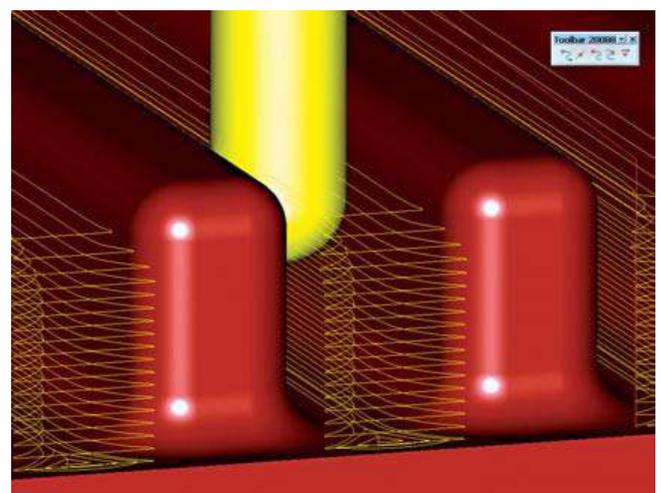
**9.3- Reprise automatique de matière résiduelle : Reprise de matière résiduelle**

La reprise automatique de matière résiduelle détecte les zones de matière résiduelle partiellement usinées dans le trajet de finition. Une fois l'outil de référence et la zone d'usinage définis avec une limite d'usinage, la reprise de matière résiduelle requise est automatiquement exécutée.

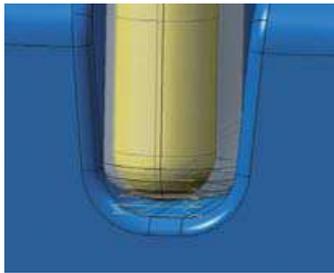
Les zones de matière résiduelle, qui n'ont pas été usinées en raison d'un risque de collision, servent de référence à l'étape d'usinage suivante avec un outil modifié, par ex. plus détendu. Ainsi, seules les zones n'ayant pas été atteintes au cours de la première étape sont usinées. Les stratégies d'usinage pour les cavités permettent également d'usiner les rainures, nervures, fentes étroites ou profondes en une seule opération. Les zones profondes contenant beaucoup de matière sont complètement vidées grâce à une avance constante.



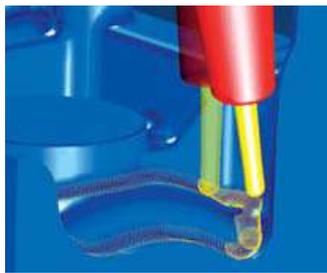
Reprise de matière résiduelle des zones partiellement usinées



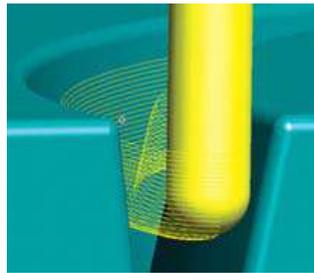
Usinage de rainures



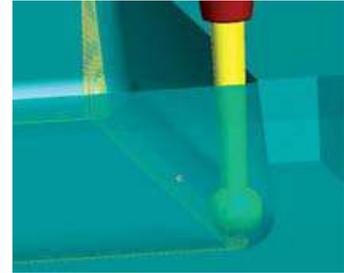
Fraise torique comme outil de référence



Tâche précédente en tant que référence

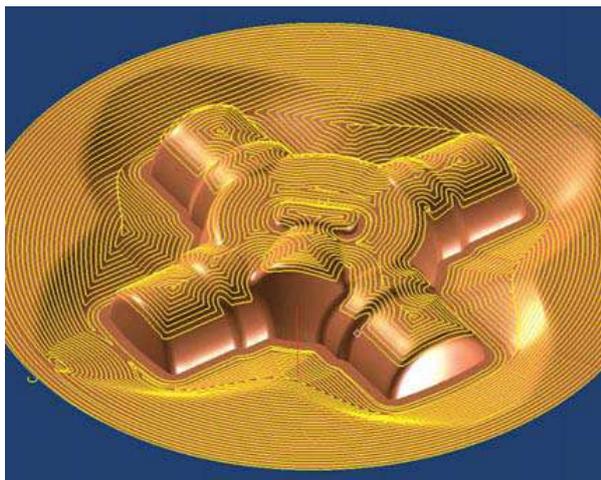


Avec définition de la profondeur d'usinage



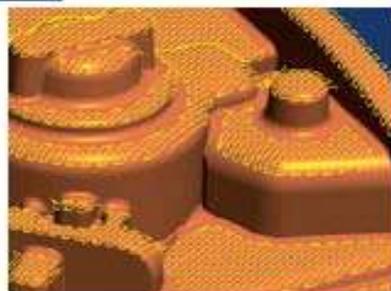
Usinage des contre-dépouilles avec fraises lollipop

**10.a-Stratégie complémentaire: finition complète : Electrodes et pièces prismatiques**

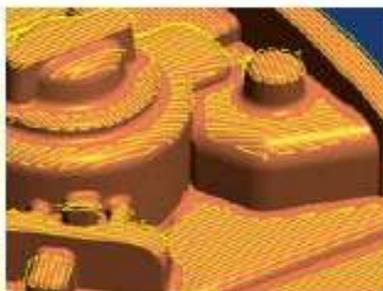


En associant la finition par niveau Z et la finition par balayage, cette stratégie adapte automatiquement l'usinage aux exigences des zones du modèle. Selon l'angle d'inclinaison donné, l'usinage est automatiquement divisé en zones à fortes pentes et planes qui sont usinées en spirale.

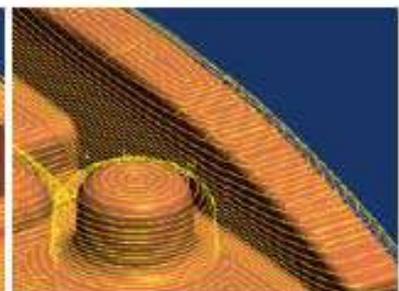
Usinage en fonction de la pente



Trajets d'usinage parallèles pour les zones planes

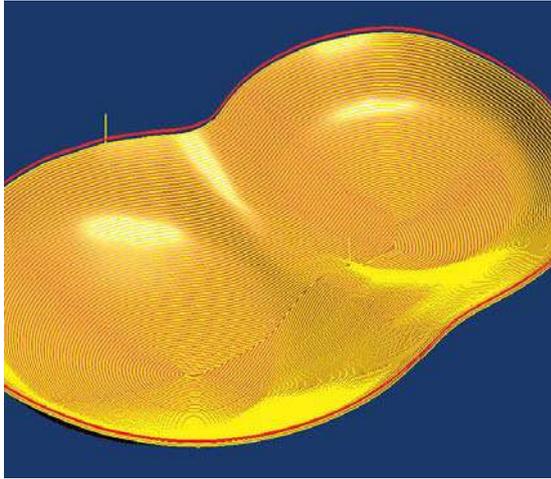


Orientation automatique selon l'étendue de poche la plus longue



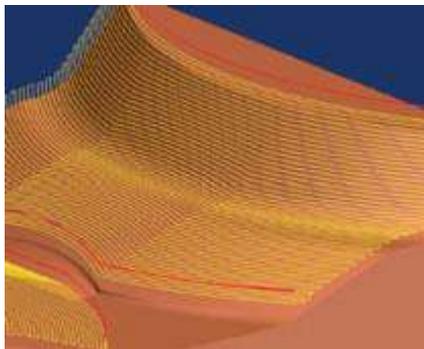
Cycle mixte de balayage de poche et de finition par niveau Z optimisé

**10.b- Stratégie complémentaire: finition équidistante : Modèles avec zones planes et à fortes pentes**

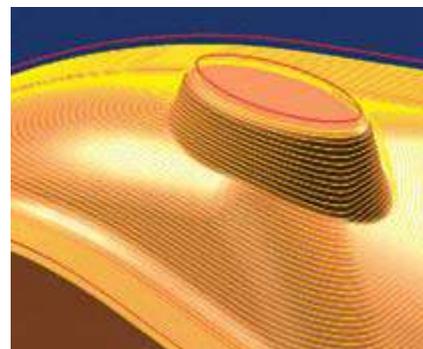


Usinage avec courbe directrice fermée

En définissant une ou deux courbes directrices, la stratégie calcule les trajets d'usinage parallèlement à la courbe prédéfinie. La distance entre les trajets d'usinage n'est pas calculée sur le plan XY mais toujours de manière constante sur la surface. Ainsi, les zones planes et à fortes pentes peuvent être usinées en un seul passage avec une qualité de surface constante.

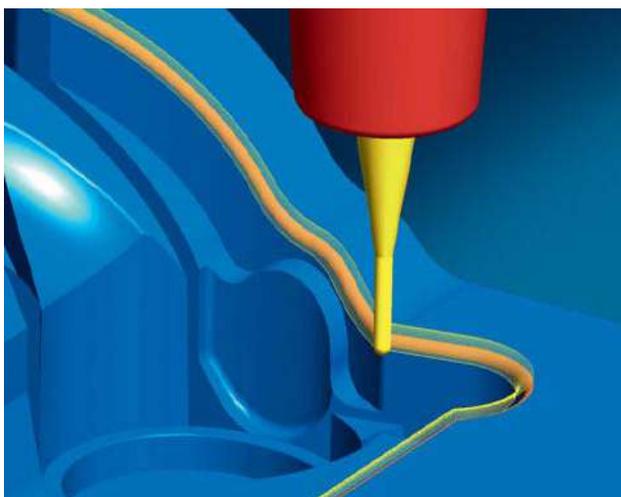


Usinage entre deux courbes directrices ouvertes



Usinage en spirale entre deux courbes directrices

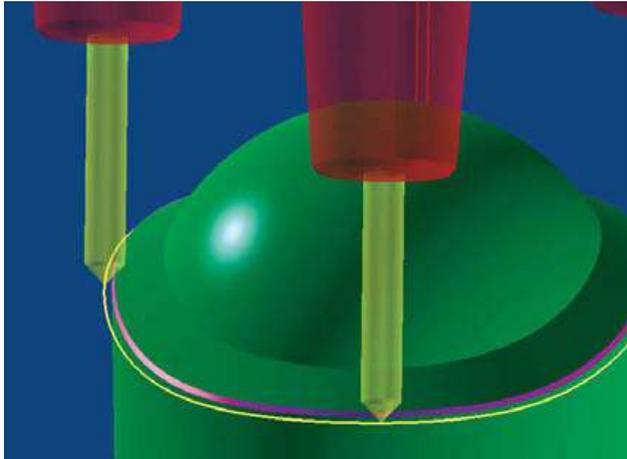
**10.c- Stratégie complémentaire: l'usinage iso paramétrique : Usinage précis d'une zone et des congés de raccordement avec une distances égales entre les trajets**



Usinage ISO avec alignement global

L'usinage iso paramétrique peut être réalisé avec un alignement global ou en définissant la direction d'usinage à l'aide des courbes ISO. Lorsque l'usinage est réalisé avec un alignement ISO, les passes suivent les courbes ISO (U, V). Les courbes U ou V des surfaces dépendantes sont automatiquement ajustées pour permettre un usinage sur toutes les surfaces sans décrochage. La zone d'usinage peut être délimitée par une limite d'usinage. La stratégie d'alignement global définit automatiquement la direction d'usinage optimale à l'aide de la courbe périphérique la plus longue de la surface sélectionnée. L'utilisateur définit si l'usinage doit s'effectuer transversalement ou en ondulé par rapport à la direction d'usinage. Plusieurs surfaces peuvent être sélectionnées. Par ailleurs, l'usinage hélicoïdal d'une traite sans point d'inversion est possible.

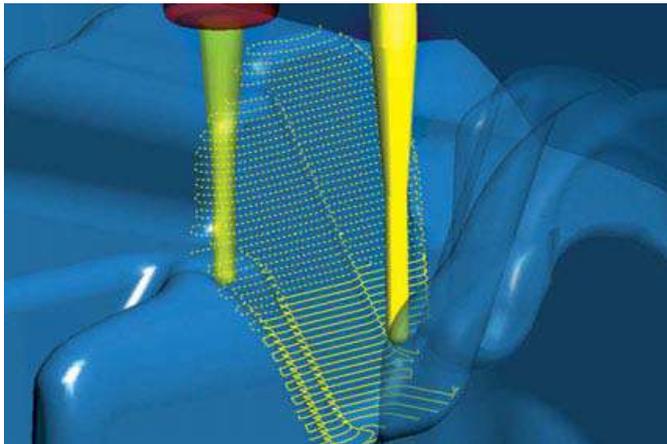
### 10.d- Stratégie complémentaire: usinage de courbes : Gravure simple et usinage des bords



Commande du trajet d'outil par une courbe directrice

Avec cette option , la fraise suit un contour défini par une courbe. Cette stratégie permet de créer rapidement des gravures sur une surface (également courbées) ou d'ébavurer, chanfreiner, rayonner, rainurer des contours tridimensionnels.

### 10.e- Stratégie complémentaire: Reprise du trajet d'outil en 3 axes : Réutilisation des trajets d'outil pour la prévention des collisions

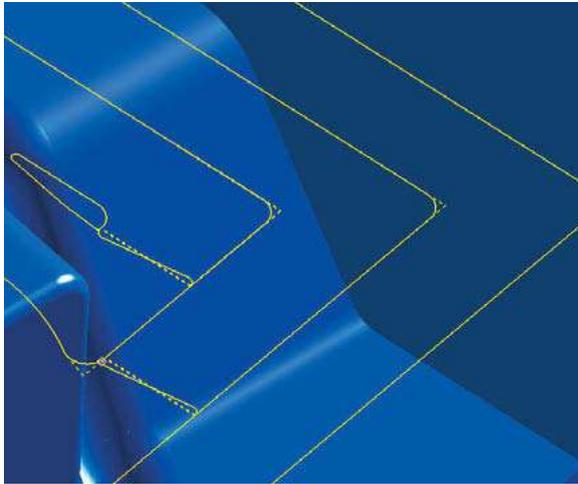


Réutilisation de trajets d'outil complets avec position optimisée

Avec la reprise du trajet d'outil quelconque, les trajets d'outil d'un usinage de référence peuvent être édités avec contrôle des collisions avec d'autres outils et des positions d'outils modifiées sans devoir recalculer le trajet. Ceci peut être réalisé sur un trajet d'outil complet et sur des sections du trajet qui ont été omis pour éviter les collisions dans l'usinage de référence.

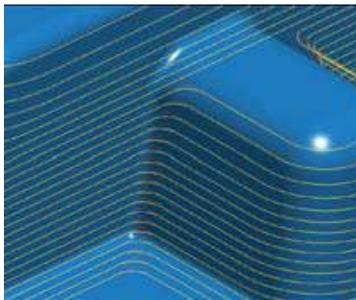
## 11- UGV (Usinage Grande Vitesse)

### 11.1- Arrondir les rayons de coins : Pour une avance à haute vitesse avec un mouvement continu de la machine

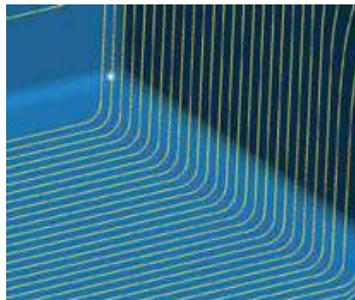


Ébauche

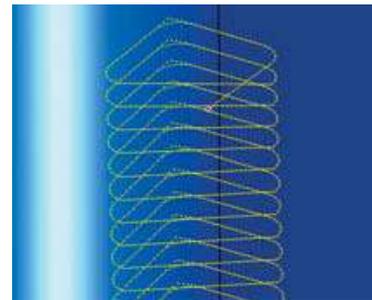
Les parcours intérieurs peuvent être rayonnés pour des mouvements plus fluides de la machine et une meilleure découpe dans les coins. Il s'agit d'une fonction complémentaire disponible lors de l'ébauche, de la finition par niveau Z, de la finition par balayage et de la reprise de matière résiduelle automatique.



Finition par niveau Z

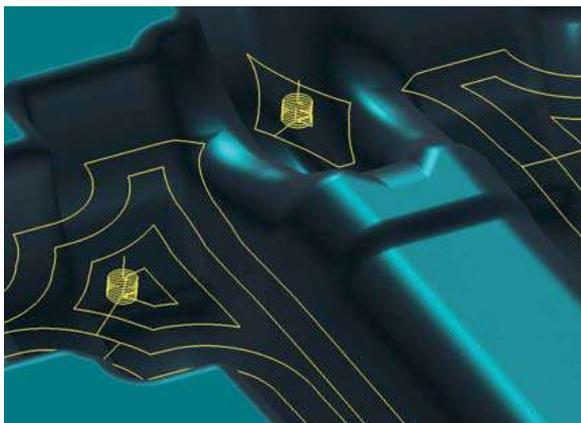


Finition par balayage



Reprise de matière résiduelle

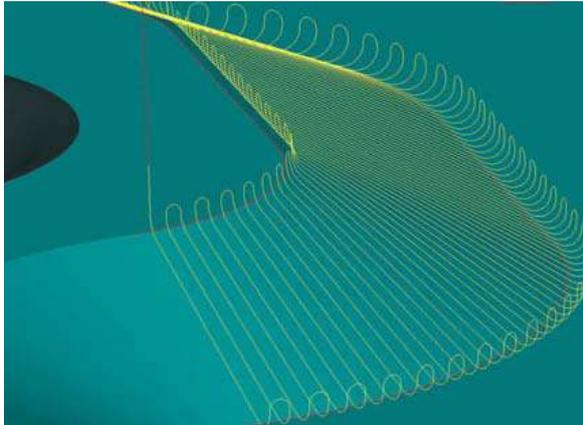
### 11.2- Plongée adoucie : Conditions de coupe optimales pour une sollicitation constante de la fraise



Plongée sur un trajet en hélice

Une avance optimale peut être maintenue et l'outil préservé avec une hélice ou une rampe tangentielle en cas de plongée.

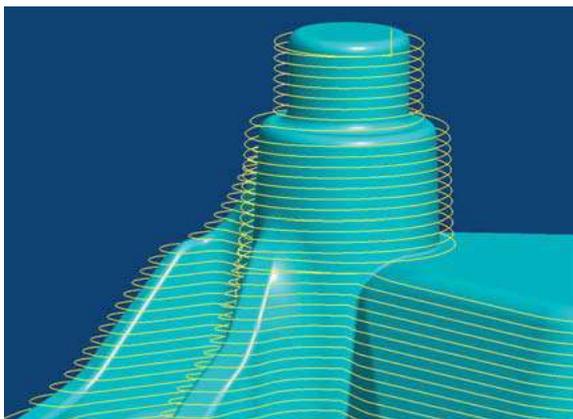
### 11.2.a- Avance adoucie : Mouvement optimisé de l'outil entre les trajets d'outil



Mouvements d'approche et de retraction adoucis

L'approche, la rétraction et les liaisons entre les trajets peuvent être adoucis. En outre, l'outil peut être soulevé de la surface dans un mouvement adouci.

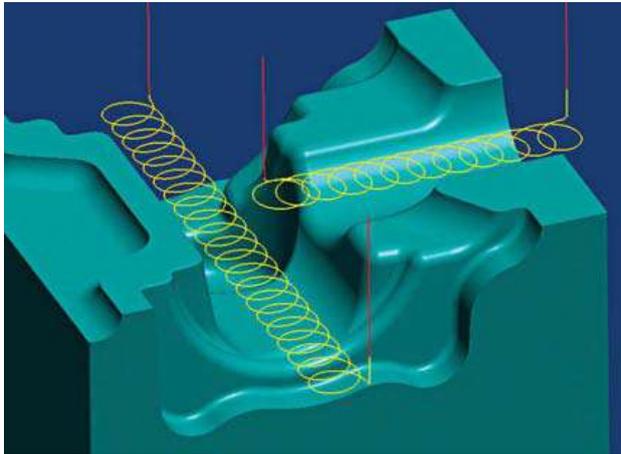
### 11.2.b- Usinages hélicoïdaux : Pour des avances hautes et des conditions de coupe optimales



Trajet d'outil continu en spirale

L'usinage peut être réalisé lors de la finition équidistante ou de la finition en Z constant, lors de la reprise de matière résiduelle automatique et lors de l'usinage de courbes fermées avec un trajet d'outil continu comprenant l'avance en spirale terminée ou semi terminée..

### 11.2.c- Gestion de la pleine matière : Coupe constante et prévention des bris d'outil lors de l'usinage de rainures



Usinage trochoïde

L'usinage trochoïde est la stratégie idéale pour usiner des rainures dans la zone UGV. Les mouvements d'avance en trochoïde permettent de produire des volumes temps/copeaux importants avec des profondeurs d'approche élevées.

## 12- L'USINAGE 5 AXES

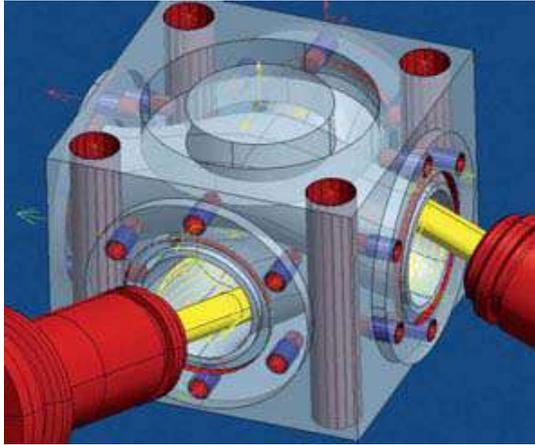
Avec les géométries complexes, comme les cavités profondes, les parois hautes et à fortes pentes et les contre-dépouilles, l'usinage 3 axes n'est pas adapté en raison des collisions possibles parfois même avec des rallonges d'outils, ou parce que la zone n'est pas atteignable. L'usinage de ces zones exige donc de nombreuses positions d'outil dans des zones d'usinage parfaitement délimitées. Ces positions peuvent être atteintes avec l'usinage 5 axes et sans collisions. En fonction de la géométrie et de la cinématique, il est possible de choisir entre l'usinage fixe 5 axes, l'indexage automatique ou un véritable usinage simultané. Les surfaces et les géométries quelconques, associées à des surfaces et des profils de guidage, peuvent être également traitées avec l'usinage 5 axes.

### 12.1- 5 axes positionnés : Pour les usinages 2 axes et 3 axes multi-plans

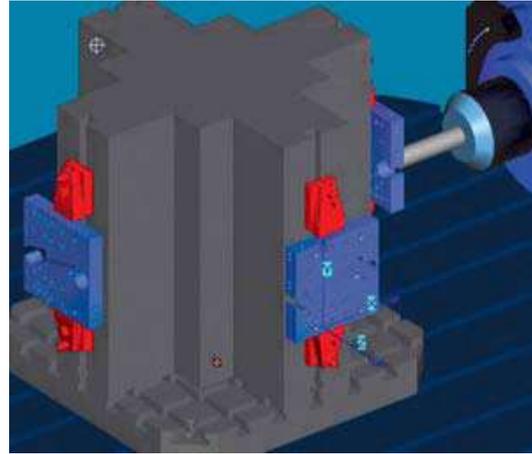


Plans de travail déplacés et basculés

Usinage des pièces sur plusieurs côtés sans démontage. Elle déplace et bascule le plan de travail. Le sens d'usinage correspond à l'orientation de l'outil. Ainsi, des parties du programme peuvent être ré-exécutées, même lorsque les plans de travail ont été déplacés et pivotés sur la machine.

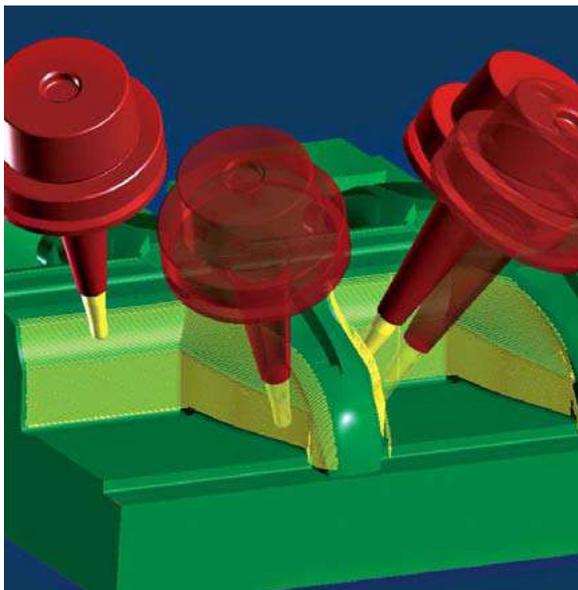


Avec répétition partielle du programme



Répétition partielle du programme en cas de serrage multiple

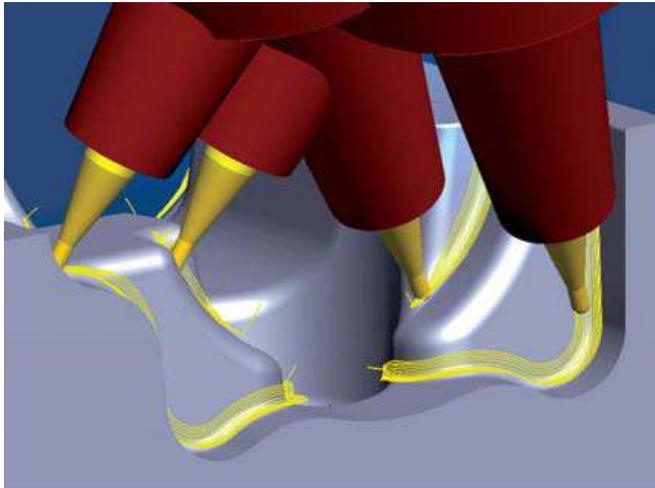
### 12.2- Usinage 3 + 2 avec orientation de l'outil fixé : Tous les usinages 3 axes avec outils pivotés par rapport au sens d'usinage



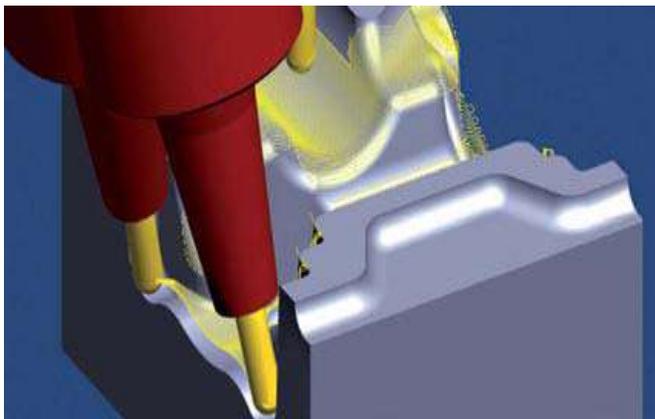
Programmation avec orientation outil fixé

Les zones d'usinage peuvent être programmées avec contrôle des collisions et des positions d'outil variables à partir d'un sens d'usinage. Elles peuvent être délimitées les unes par rapport aux autres simplement, sans recouvrement ni espace. Le parcours des trajets d'usinage des zones adjacentes et l'aspect des surfaces peuvent être déterminés. En outre, cette stratégie permet de calculer intégralement toutes les zones dans les moindres détails.

### 12.3- Indexation automatique : Usinage automatisé 3 + 2, alternative à l'usinage Simultané en 5 axes



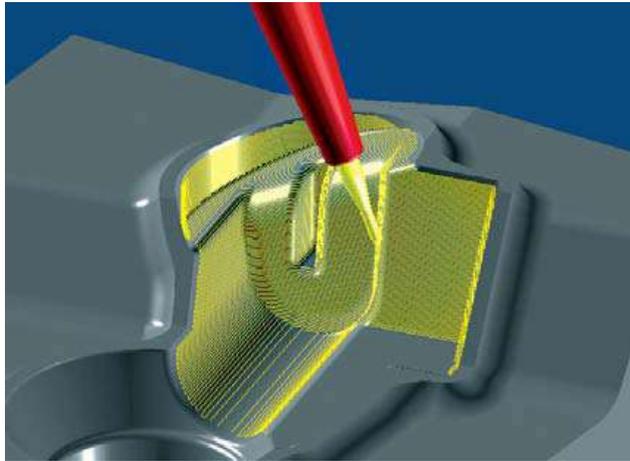
Recherche automatique de la position fixe



Finition par balayage avec position d'outil optimisée

Les surfaces pour lesquelles plusieurs positions d'outil sont nécessaires sont programmées dans une seule opération puis usinées par indexation automatique. Cette méthode recherche une position d'outil fixe et sans collision pour les zones d'usinage et/ou les trajets d'outil individuels. Des orientations d'outil verticales ou inclinées peuvent être utilisées. Les zones de fraisage peuvent également être divisées en délimitant manuellement des segments. Au besoin, un usinage simultané 5axes local est possible. Par rapport à l'usinage simultané 5axes complet, les mouvements de la machine sont réduits par l'indexation automatique. La durée d'usinage diminue, ce qui préserve la machine. S'il est impossible de calculer pour une zone, une position d'outil fixe et sans collisions, l'usinage de la matière résiduelle en 5 axes peut par exemple en effectuant automatiquement une division de cette zone en de plus petits segments avec diverses positions d'outil réaliser les parcours restants.

**12.4- Usinage simultané 5 axes : Usinage des parois à fortes pentes ou à proximité de celle-ci, alternative à l’outil fixé ou à l’indexage automatique**



L’usinage 5 axes peut remplacer l’usinage conventionnel 3 + 2. On prédéfinit ici l’inclinaison de l’outil par rapport à l’axe Z ; modification automatique pour éviter les collisions. Calcul du mouvement continu de l’outil

Calcul automatique du positionnement de l’outil



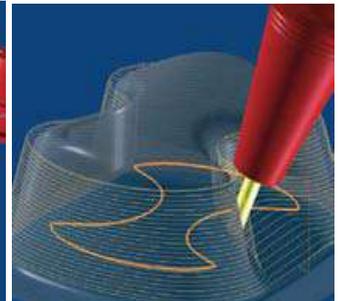
Orientation radiale de l’outil par rapport à l’axe Z



L’axe de l’outil passe toujours par la courbe de guidage



L’axe de l’outil passe localement par la courbe de guidage

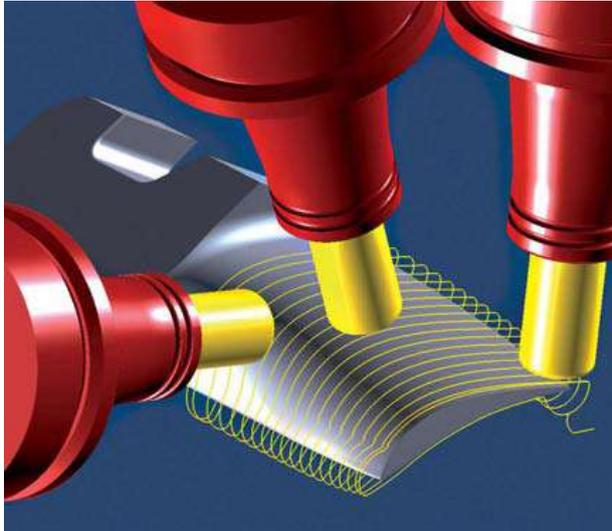


Courbe manuelle pour le mouvement uniquement autour de l’axe Z

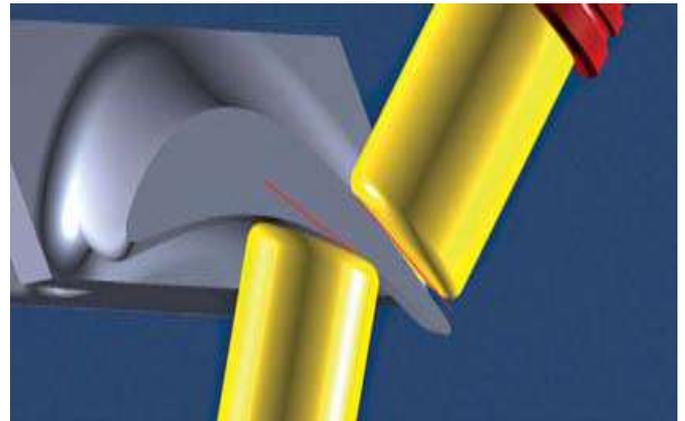
### 13- Les applications particulières 5 axes

Les usinages de géométries, telles que les turbines, aubes de turbines, tubes et pneus sont exigeantes et ne peuvent être traitées de manière satisfaisante avec des stratégies standard.

#### 13.1- Pack aubes de turbine: usinage en bout 5 axes : Finition des surfaces de pales



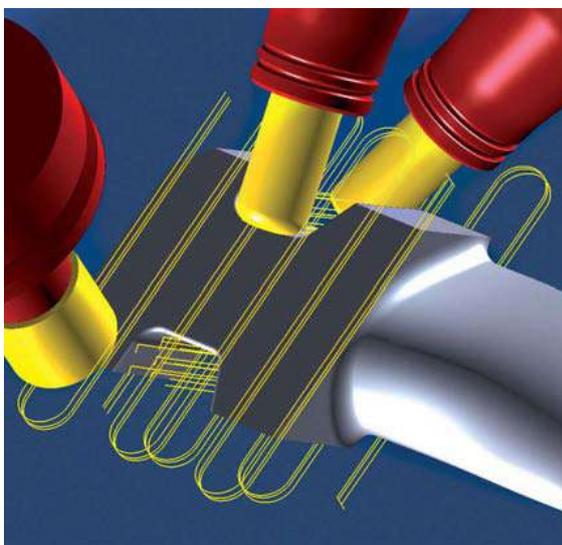
Trajet continu en spirale



Correction dynamique de l'angle de d'épînage

L'usinage 5 axes d'aubes de turbines en bout permet l'usinage périphérique continu avec finition, incluant la libre définition de la surépaisseur des pales et des surfaces latérales. Le trajet d'outil en spirale peut être généré en usinage simultané 4 axes ou 5 axes. Pour les fraises cylindriques et toriques, l'angle de d'épînage est systématiquement corrigé pour ne pas endommager les surfaces et pour optimiser la coupe.

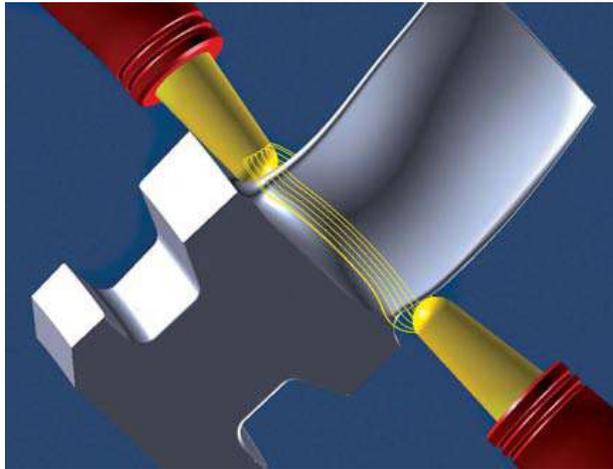
#### 13.2- Pack aubes de turbine: usinage de pied Usinage de pied, découpe et ébarbage de surfaces



Stratégies complémentaires pour l'usinage du pied

Pour l'usinage du pied de pale, plusieurs stratégies 2 axes et 3 axes sont disponibles. La section 2 axes comprend des stratégies de perçage, de surfacage, de contournage libre et de fraisage de poches. Les cycles d'ébauche, les opérations de finition pour la géométrie du pied et les stratégies de découpe, d'ébarbage ou de meulage sur les surfaces courbées font partie des opérations 3 axes.

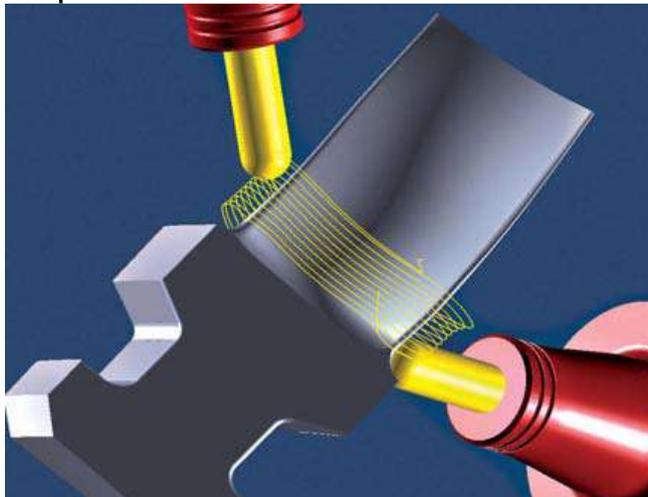
**13.3- Pack aubes de turbine: usinage en roulant : Reprise de matière résiduelle, usinage de rayons, usinage des surfaces latérales de pales**



Usinage de rayons, usinage des surfaces latérales de pales

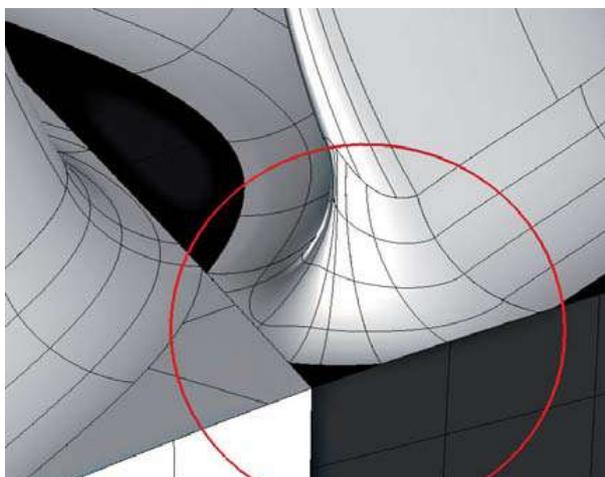
L'usinage en roulant 5 axes d'aubes de turbines suit un trajet en une spirale continue. Le type de contact opéré par l'outil passe en continu d'un usinage en bout des surfaces de la pale à un usinage en roulant des surfaces latérales. Outre l'usinage rapide en roulant des surfaces latérales sur la tête et le pied, cette stratégie d'usinage est utilisée entre les surfaces de la pale et les surfaces latérales pour usiner la zone de passage. Les angles de d'épînage et d'inclinaison latérale offrent d'excellentes conditions de coupe. Un rayon adoucit peut être automatiquement créé en option. L'outil entre en contact simultanément avec la pale et avec la face d'appuie latéral. Une transition parfaite est créé avec les pales adjacentes.

**13.4- Pack aubes de turbine : usinage point à point : Usinage des surfaces et des bords des pales**

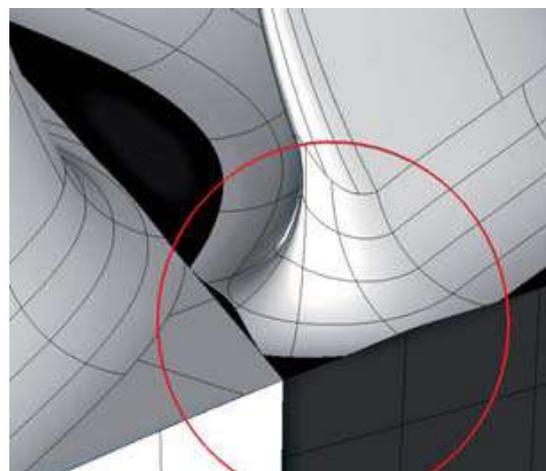


Usinage en roulant d'aubes de turbine / Usinage de rayons

L'usinage point à point d'aubes de turbine 5 axes optimise le balayage lors du passage entre surface de la pale et les bords d'attaque et de fuite. L'enchaînement des passes pour l'usinage des pales garantit des surfaces optimales. Un rayon d'adoucissement peut être automatiquement créé en option.

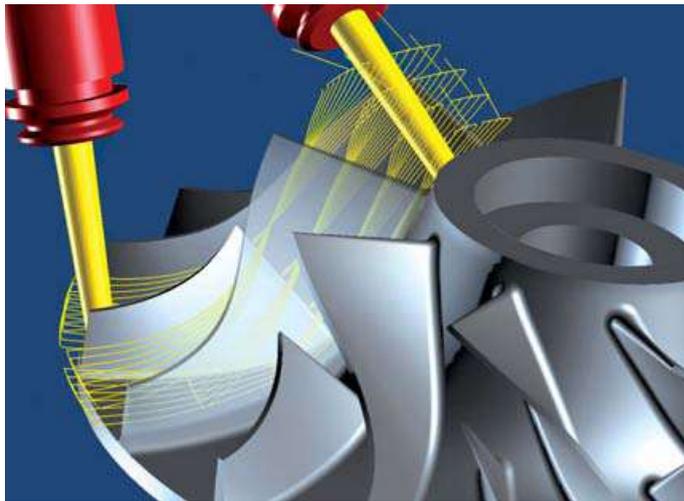


Passage de surface avec rayon adouci



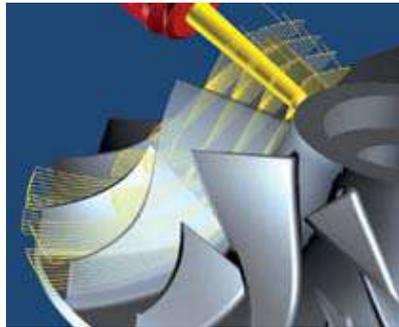
Passage sans rayon adouci

### 13.5- Pack turbines: ébauche : Brut ébauché ou pièce pré-usinée

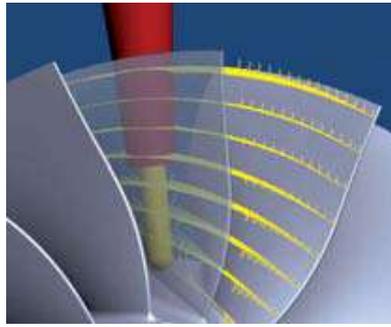


Les pales sont usinées en continu avec cette stratégie. L'usinage s'effectue poche par poche entre les pales. Plusieurs stratégies d'ébauche comme « Offset fond » ou « Décalage extérieur » permettent d'adapter parfaitement la division du trajet, la position de l'outil et les longueurs d'outil à la géométrie. L'ébauche par tréflage peut également être utilisée en complément.

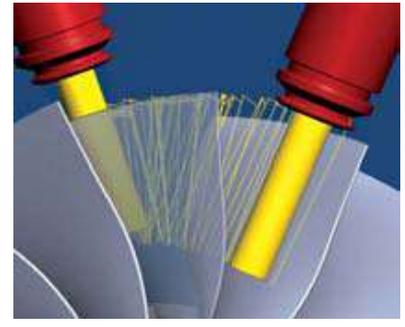
Usinage poche par poche en continu



Ebauche par niveaux parallèlement au fond

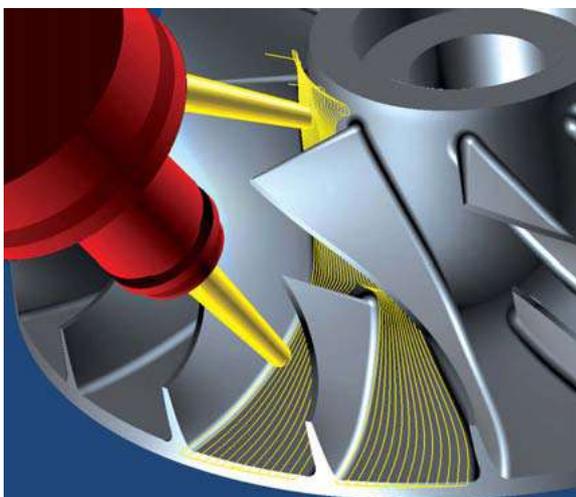


Ebauche perpendiculaire au fond

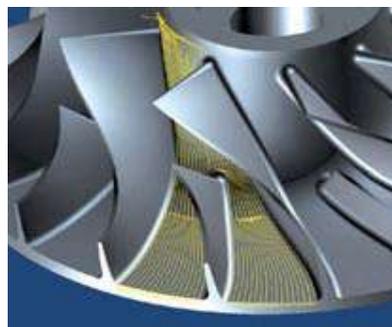


Ebauche par tréflage avec outils longs et minces

### 13.6- Pack turbines: balayage du fond : Finition du fond, reprise de matière résiduelle à proximité des pales



Usinage complet ou partiel du fond



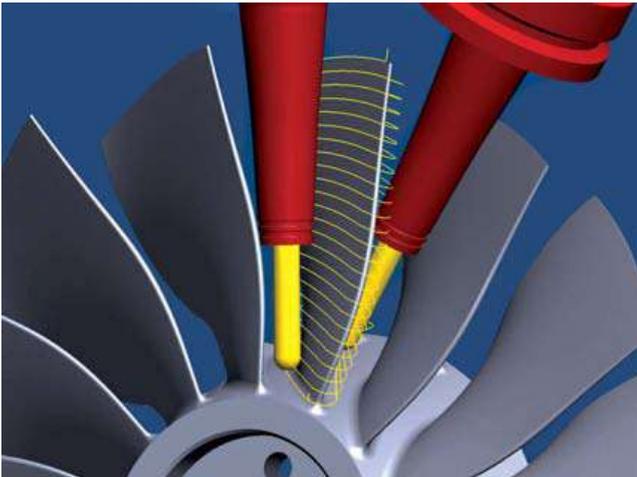
Trajets réduits grâce à l'option hauteur de crête avec optimisation



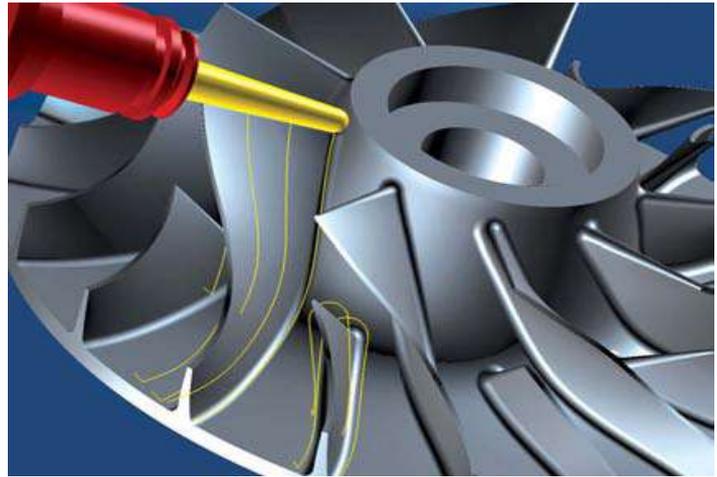
Trajets réduits avec le mode chevron

Cette stratégie convient à la finition complète ou partielle du fond. L'usinage s'adapte aux exigences du flux. La durée d'usinage est réduite grâce aux diverses options d'approche et à la fonction hauteur de crête pour la zone du bord d'attaque et du bord de fuite. Cette stratégie d'usinage s'emploie également pour la reprise de matière résiduelle à proximité des pales.

### 13.7- Pack turbines: usinage de pale : Usinage des surfaces de pale



Balayage point par point



Usinage en roulant

L'usinage de pale s'effectue selon la géométrie de la pale en tant que finition à contact ponctuel ou usinage en roulant. L'usinage point par point est une technologie éprouvée qui permet d'usiner des géométries d'aube variées. Elle est surtout utilisée dans l'usinage de prototypes ou lorsque la géométrie d'aube ne permet plus de réaliser un usinage en roulant avec autant de précision.

La ligne de contact à la courbe de l'usinage en roulant réduit le nombre de passes, et donc la durée d'usinage. Un simple clic permet de définir un meilleur positionnement de l'outil sur la surface. Cette option fournit également des informations sur la qualité de surface obtenue.