



Esprit EDGE - Support de formation

Sujet : Fraisage 3D



Auteur : RIVIER Enora
Révisé par : Ayoub MERABET
Dernière révision : 13/06/2026
Pour toutes questions techniques : sav@delta-first.com
Version de Esprit applicable : Esprit EDGE 2026.1

Table des matières

1	Le fraisage 3D.....	4
1.1	Qu'est-ce que le fraisage 3D ?	4
1.2	Quelle est l'utilité du fraisage 3D ?	4
1.3	Commencer une programmation 3D	5
2	Les séquences FreeForm	6
3	Les cycles de fraisage 3D	7
3.1	Catégorisation des cycles – <i>Onglet Forme 3D</i>	7
3.2	Prise en compte des éléments validés	8
3.3	Les paramètres communs essentiels	9
3.3.1	Parcours-outil : Tolérances	9
3.3.2	Parcours-outil : Recouvrement.....	10
3.3.3	Limites	10
3.3.4	Liaisons	12
4	Les cycles de finition 3D	14
4.1	Finition par niveau Z	14
4.2	Finition en plans parallèles	14
4.3	Finition radiale	15
4.4	Finition en spirale/lame.....	15
4.5	Finition concentrique	16
4.6	Finition entre les courbes	16
4.7	Finition des fonds	17
4.8	Finition globale	17
4.9	Finition paramétrique.....	18
4.10	Contournage 3D	18
4.11	Reprise usinage des angles/coins.....	19
4.12	Bitangence.....	19
5	Conseils et astuces	20
5.1	Travailler efficacement en limitant les temps de calculs inutiles	20
5.2	Gestion et compréhension des collisions en simulation	20

Index des illustrations

Illustration 1: Exemple de surface gauche	4
Illustration 2: Plan incliné usinable en balayage 3D	4
Illustration 3: Outils de modelage solide et surfacique	5
Illustration 4: Séquence FreeForm	6
Illustration 5: Définition d'une séquence FreeForm	6
Illustration 6: Ruban des cycles de fraisage 3D	7
Illustration 7: Classification des cycles de fraisage 3D	7
Illustration 8: Cycles prenant en compte les éléments cochés	8
Illustration 9: Exemple Fenêtre Paramètres Parcours Outil	9
Illustration 10: Influence de la tolérance	9
Illustration 11: Paramètre recouvrement	10
Illustration 12: Paramètre limite en Z	10
Illustration 13: Résultat limites en Z sur le parcours outil	11
Illustration 14: Paramètre frontière	11
Illustration 15: Position sur le profil frontière	11
Illustration 16: Usinage 3D limité par une frontière (Séquence)	12
Illustration 17: Liaisons cycles 3D	12
Illustration 18: Gestion des liaisons	13
Illustration 19: Paramétrage d'une liaison	13
Illustration 20: Ruban des cycles de finition 3D	14
Illustration 21: Finition par niveau Z	14
Illustration 22: Finition en plans parallèles	14
Illustration 23: Finition radiale	15
Illustration 24: Finition en spirale	15
Illustration 25: Finition concentrique	16
Illustration 26: Finition entre les courbes	16
Illustration 27: Finition des fonds	17
Illustration 28: Finition globale	17
Illustration 29: Finition paramétrique	18
Illustration 30: Contournage 3D	18
Illustration 31: Reprise usinage des coins	19
Illustration 32: Outil tangent en deux points	19
Illustration 33: Bitangence	19
Tableau 1: Tableau des collisions	20

1 Le fraisage 3D

1.1 Qu'est-ce que le fraisage 3D ?

Le terme fraisage 3D (ou 3axes) est utilisé lorsque les 3 axes se déplacent simultanément pour balayer la forme 3D de la pièce, contrairement au fraisage traditionnel (ou 2,5 axes) où seulement 2 axes travaillent simultanément (l'axe Z étant positionné).

1.2 Quelle est l'utilité du fraisage 3D ?

Le fraisage 3D permet la réalisation de formes appelées « gauches », il s'agit de surface non-planes.

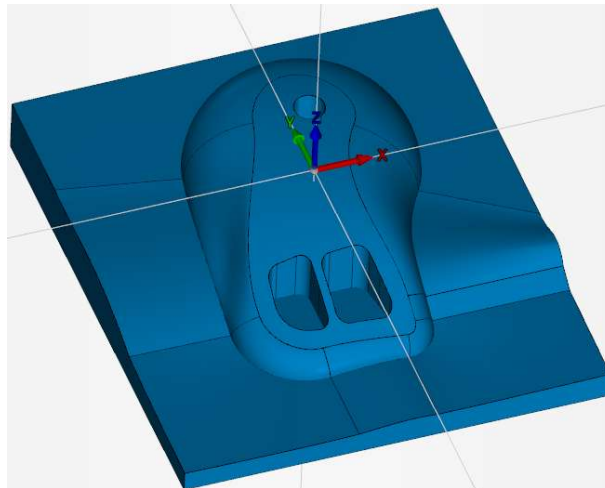


Illustration 1: Exemple de surface gauche

Le fraisage 3D peut également permettre la réalisation d'usinage des surfaces planes n'étant pas normales à l'outil (surfaces inclinées) dans le cas d'absence d'axes de rotation.

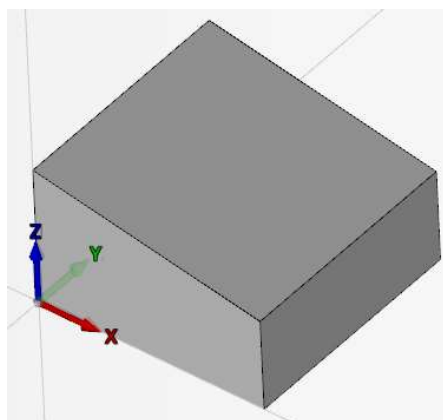


Illustration 2: Plan incliné usinable en balayage 3D

1.3 Commencer une programmation 3D

Afin de programmer une pièce nécessitant du fraisage 3D, il est fortement recommandé de posséder le modèle 3D de la pièce ou de le réaliser préalablement sur un modelleur solide CAO. **Esprit** possède un modelleur solide et surfacique, il est possible de réaliser des formes très complexes avec ces outils cependant son utilisation peut-être fastidieuse. Tous ces outils se trouvent dans l'onglet **Conception 3D** du bandeau supérieur. Leur utilisation ne sera pas détaillée dans ce manuel, pour les utiliser veuillez-vous référer à l'aide Esprit.

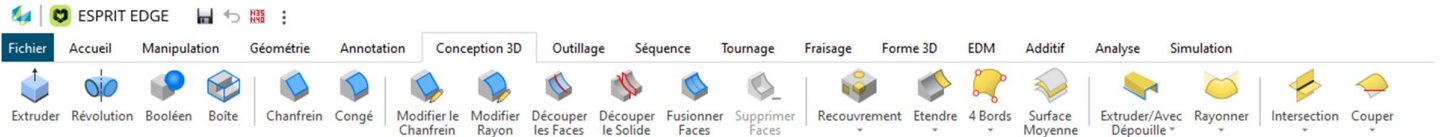


Illustration 3: Outils de modelage solide et surfacique

2 Les séquences FreeForm

Dans le cas d'une programmation en balayage 3D, les cycles s'appliquent exclusivement sur une séquence appelée **Séquence FreeForm**, bouton disponible dans l'onglet **Séquence** du bandeau supérieur.



Illustration 4: Séquence FreeForm

Cette séquence est créée soit à partir d'un solide, d'une face ou d'une surface. Lors de la création de la séquence, il faut définir 3 champs :

- **Pièce** : Les zones de la pièce où du parcours outil doit être généré (les zones à usiner).
- **Coché** : Les zones où aucun parcours outil ne doit être généré.
- **Brut** : Permet de définir la forme du brut (inutile si le brut est déjà défini dans les options de simulation), seul les cycles d'ébauches prennent en compte ce brut.



Illustration 5: Définition d'une séquence FreeForm

Dans chaque champ de cette fenêtre seul un solide, une face ou une surface sont sélectionnables. Pour indiquer dans le champ ce qui est à prendre en compte, la zone doit être orange (faire un clic gauche dans la zone pour que cette dernière apparaisse en orange) puis sélectionner les éléments. Pour supprimer, une mauvaise sélection, faire un clic droit sur le nom de l'élément en question puis cliquer sur supprimer.

3 Les cycles de fraisage 3D

3.1 Catégorisation des cycles – Onglet Forme 3D



Illustration 6: Ruban des cycles de fraisage 3D

Il existe un total de 13 cycles de fraisage 3D que l'on répartira en différentes catégories comme présentées ci-dessous :

Ebauche 3D	Finitions 3D			Annexes
	Fonds	Parois	Hybrides	
Ebauche par niveau de Z	Finition en plans parallèles	Finition par niveau de Z	Finition entre les courbes	Bitangence
	Finition radiale		Finition globale	Reprise usinage des angles
	Finition spirale		Finition paramétrique	Contournage 3D
	Finition de fonds			
	Finition concentrique			

Illustration 7: Classification des cycles de fraisage 3D

Certains cycles de finitions peuvent être plus efficace pour la réalisation d'une surface suivant si elle s'apparente plus à un fond qu'une paroi et inversement.

Le terme fond est utilisé pour les surfaces s'approchant d'une surface horizontale où l'angle formé entre l'axe outil et la normale à la surface est faible (proche de 0°).

Le terme paroi est utilisé pour les surfaces s'approchant d'une surface verticale où l'angle formé entre l'axe outil et la normale à la surface est proche de 90°.

C'est pour cette raison qu'ils sont rangés de cette façon dans le tableau ci-dessus. Il y apparaît également des cycles *Hybrides* se révélant efficaces sur les fonds comme les parois.

3.2 Prise en compte des éléments validés

Un autre aspect important lors de l'utilisation des cycles de fraisage 3D est la prise en compte ou non des surfaces validées définies dans la séquence FreeForm.

Pour les cycles prenant en compte les **Éléments Cochés**, le parcours outil sera généré exclusivement sur les **Éléments Pièces**.

A l'inverse si les **Éléments Cochés** ne sont pas pris en compte alors ceux-ci seront pris comme des **Éléments Pièces**, dans ce cas-là le parcours outil sera également généré sur les **Éléments Cochés**.

Voici le tableau des cycles en fonction du contexte :





Ebauche 3D	Finitions 3D			Annexes
	Fonds	Parois	Hybrides	
Ebauche par niveau de Z 	Finition en plans parallèles 	Finition par niveau de Z 	Finition entre les courbes 	Bitangence 
	Finition radiale 		Finition globale 	Reprise usinage des angles 
	Finition spirale 		Finition paramétrique 	Contournage 3D 
	Finition de fonds 			
	Finition concentrique 			

Illustration 8: Cycles prenant en compte les éléments cochés



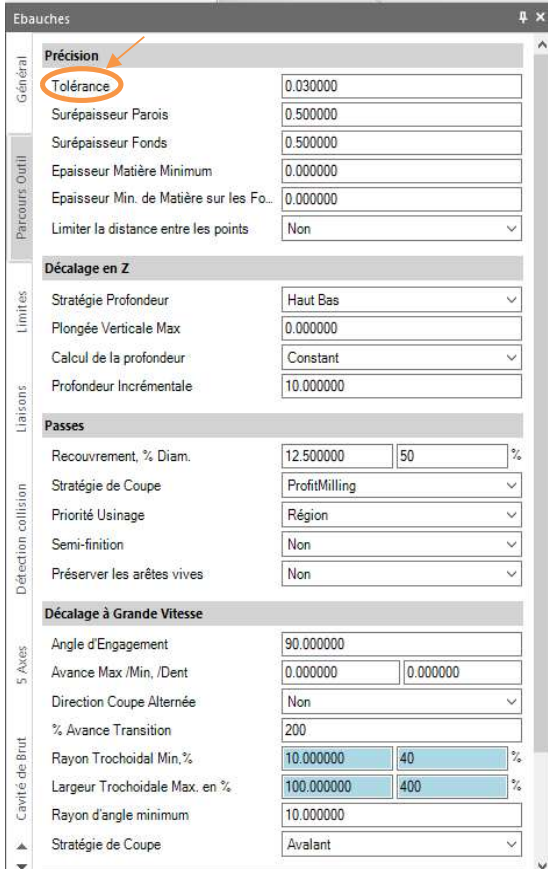
Cycles prenant en compte les **Éléments Cochés**



Cycles ne prenant pas en compte les **Éléments Cochés**

3.3 Les paramètres communs essentiels

3.3.1 Parcours-outil : Tolérances



Le paramètre **Tolérance** définit l'écart toléré entre la surface réelle théorique (**Éléments Pièces**) et le point généré.

Plus la valeur sera faible, plus il y aura de points générés, plus le code CN sera long et le temps de calcul important.

Si la valeur est trop importante la surface aura tendance à facetiser (cf **Illustration 10**), l'état de surface sera alors altéré.

Illustration 9: Exemple Fenêtre Paramètres Parcours Outil

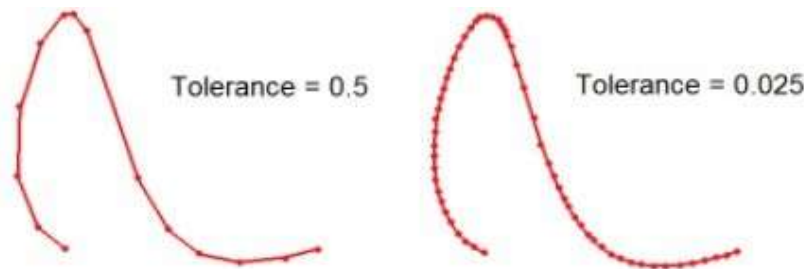


Illustration 10: Influence de la tolérance

3.3.2 Parcours-outil : Recouvrement

Précision	
Tolérance	0.030000
Surépaisseur Parois	0.500000
Surépaisseur Fonds	0.500000
Épaisseur Matière Minimum	0.000000
Épaisseur Min. de Matière sur les Fo...	0.000000
Limiter la distance entre les points	Non
Décalage en Z	
Stratégie Profondeur	Haut Bas
Plongée Verticale Max	0.000000
Calcul de la profondeur	Constant
Profondeur Incrémentale	10.000000
Passes	
Recouvrement, % Diam.	12.500000 50 %
Stratégie de Coupe	ProfitMilling
Priorité Usinage	Région
Semi-finition	Non
Préserver les arêtes vives	Non

Le paramètre **Recouvrement** définit la valeur de décalage latéral entre chaque passe.

Les deux cellules sont interactives, vous avez la possibilité de définir un **décalage en mm** ou en **pourcentage du diamètre de fraise**. En appuyant sur tabulation lorsqu'une cellule est renseignée, l'autre évolue automatiquement.

Plus la prise de passe sera faible, meilleur l'état de surface sera (hauteur de crête diminuée), cependant encore une fois le code CN, le parcours et le calcul seront d'autant plus long.

Illustration 11: Paramètre recouvrement

Remarque : Dans le cas du cycle **Finition par niveau de Z** (onglet **Forme 3D**), on ne parle plus de recouvrement mais nous pouvons faire son analogie avec le paramètre **Profondeur de passe**. Pour le cycle **Ébauche par niveaux de Z** (onglet **Forme 3D**), les paramètres **Profondeur de passe** et **Recouvrement** sont tous deux présents.

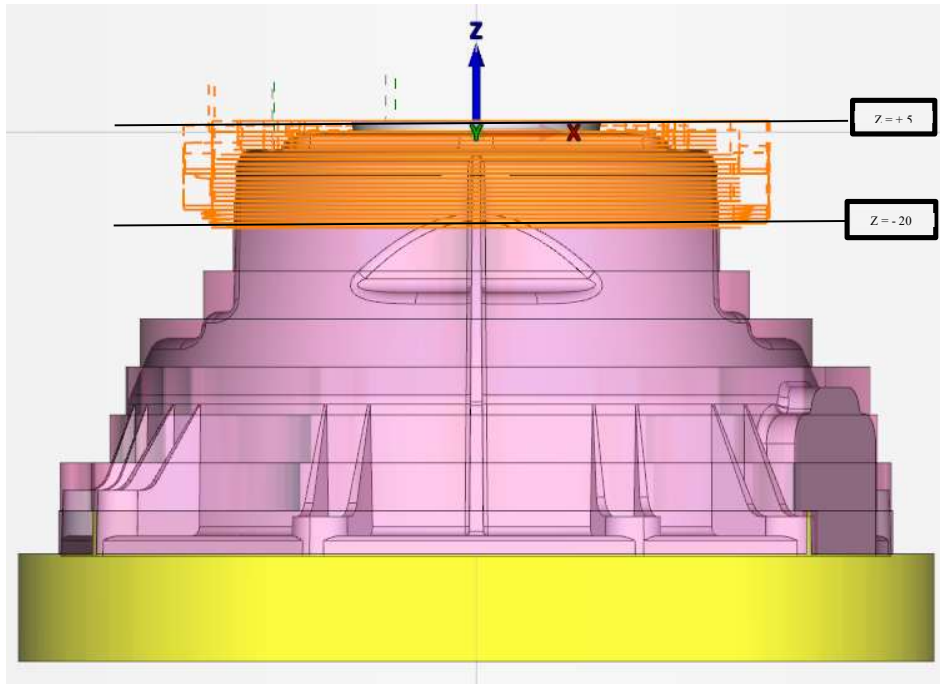
3.3.3 Limites

Les limites ont pour fonction de définir la zone de travail dans l'espace. Il en existe deux types :

- **Les limites en Z :** permet de limiter la génération du parcours entre deux niveaux de Z.

Limite Z	
Activer les Limites en Z	Oui
Limite Z Haut	5.000000
Limite Z bas	-20.000000
Limite du Modèle	
Position sur la limite du modèle	Limité par le brut
Frontière	

Illustration 12: Paramètre limite en Z



- Les frontières : permet de limiter la génération du parcours dans le plan XY

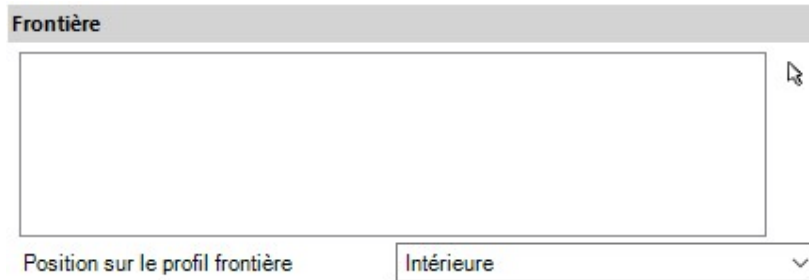


Illustration 14: Paramètre frontière

La frontière se définit par une séquence chaînée dans le plan XY (si elle n'est pas plane, elle sera projetée sur le plan de travail). Elle peut être sélectionnée directement à l'aide de la flèche :

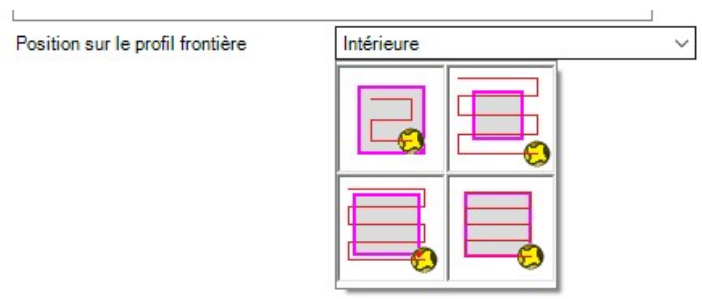


Illustration 15: Position sur le profil frontière

Le paramètre **Position sur le profil frontière** permet de fixer la position de l'outil par rapport à la frontière, comme l'illustre les schéma ci-dessus.

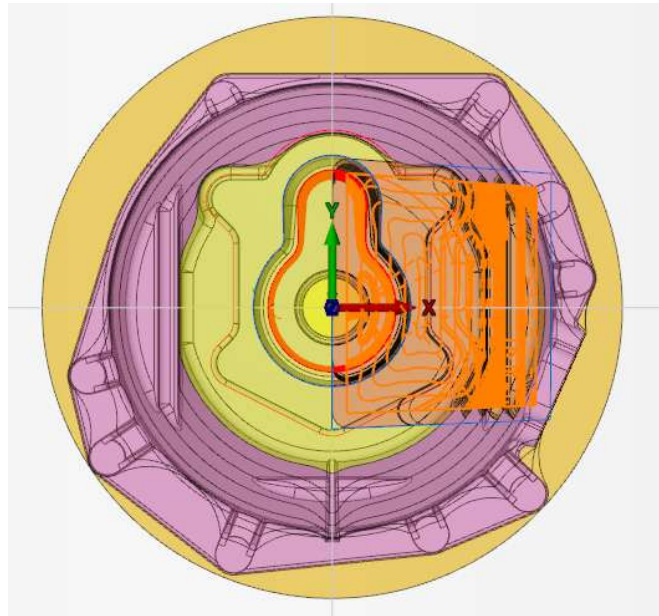


Illustration 16: Usinage 3D limité par une frontière (Séquence – représenté par un trait bleu)

3.3.4 Liaisons

Les liaisons sont utilisées selon l'ordre de priorité. Le système tente également d'appliquer la première stratégie de la liste. Si l'entrée n'est pas possible (du fait d'une collision, du dépassement des limites, etc.), il essaie la deuxième liaison, et ainsi de suite.

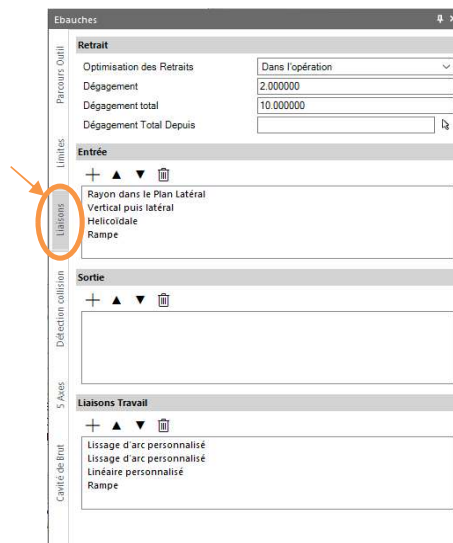


Illustration 17: Liaisons cycles 3D

Les liaisons peuvent être de trois types (Entrée, Sortie ou Liaisons Travail). Les outils ci-dessous permettent respectivement d'ajouter une nouvelle liaison, Classer les liaisons par ordre de priorité et Supprimer une liaison.



Illustration 18: Gestion des liaisons

A la sélection d'une liaison, il est possible de les paramétrer :

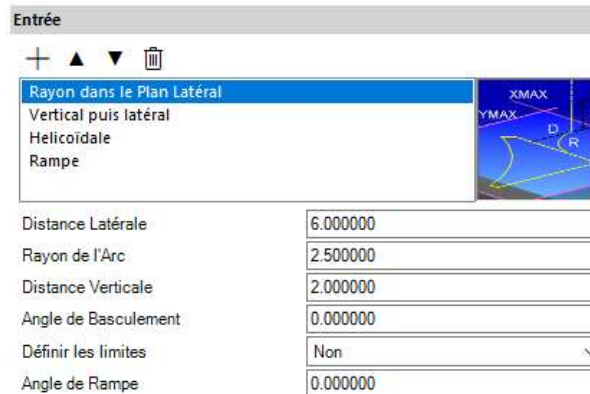


Illustration 19: Paramétrage d'une liaison

L'influence de chaque paramètre est explicitée dans l'aide pour toutes les liaisons existantes.

4 Les cycles de finition 3D

Dans cette section, nous nous intéressons aux différents types de cycle d'usinage de finition 3D (onglet **Forme 3D**).



Illustration 20: Ruban des cycles de finition 3D

4.1 Finition par niveau Z



Le cycle de finition par niveau Z, est un cycle permettant d'effectuer la finition des parois.

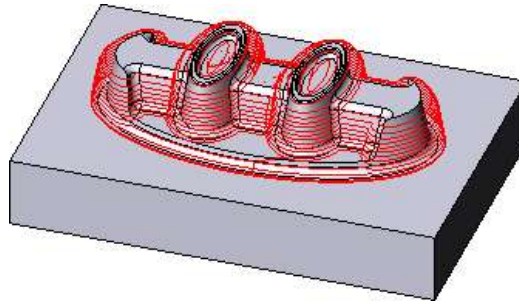


Illustration 21: Finition par niveau Z

4.2 Finition en plans parallèles



Le cycle de finition en plans parallèles, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds.

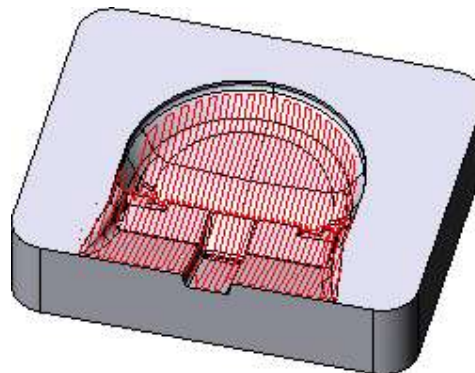


Illustration 22: Finition en plans parallèles

Ce cycle effectue des passes parallèles suivant un angle et une valeur de recouvrement.

4.3 Finition radiale



Le cycle de finition radiale, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds.

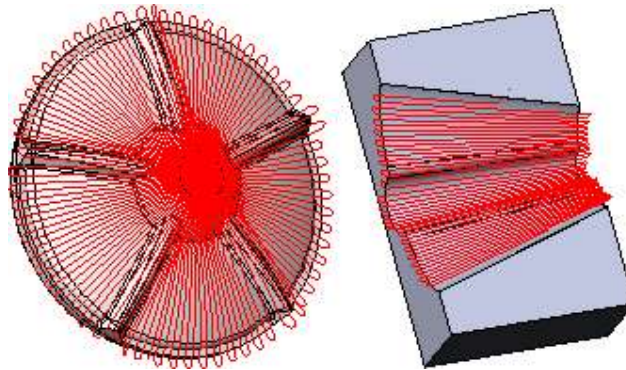


Illustration 23: Finition radiale

Ce cycle effectue des passes radialement suivant un centre, un rayon de départ et de fin.

4.4 Finition en spirale/lame



Le cycle de finition en spirale, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds.

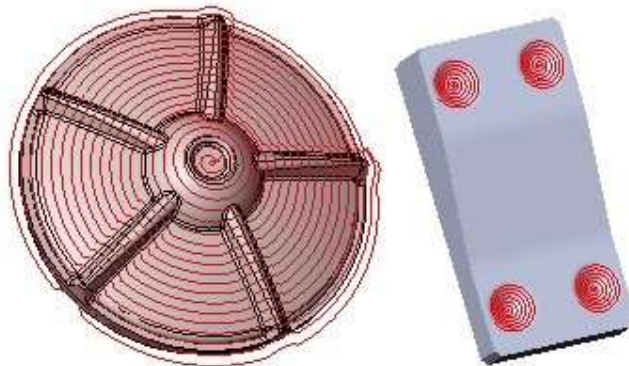


Illustration 24: Finition en spirale

Ce cycle effectue des passes en spirale suivant un centre, un rayon de départ et de fin.

4.5 Finition concentrique

Le cycle de finition concentrique, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds.

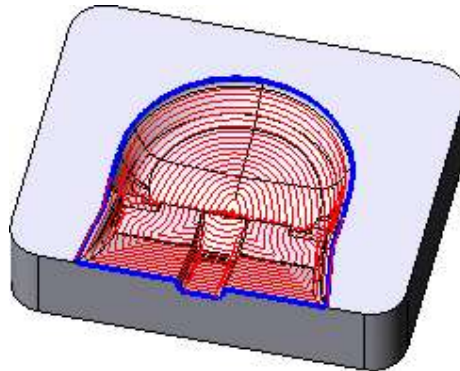


Illustration 25: Finition concentrique

Ce cycle effectue des passes concentriquement à une frontière ou séquence fermée (au choix dans le cycle).

4.6 Finition entre les courbes



Le cycle de finition entre les courbes permet d'effectuer un balayage en épousant les formes des deux profils/courbes. La valeur de recouvrement est constante le long de la surface du modèle et non projetée depuis une vue de dessus.

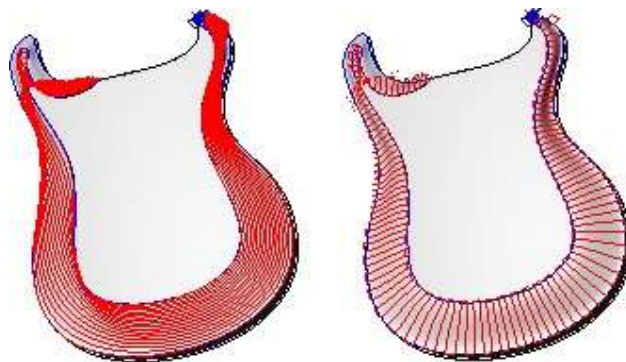


Illustration 26: Finition entre les courbes

4.7 Finition des fonds



Le cycle de finition des fonds, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds.

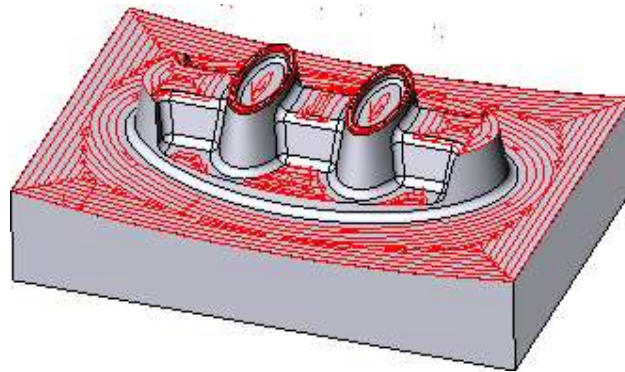


Illustration 27: Finition des fonds

Ce cycle effectue des passes concentriquement aux zones identifiées comme des fonds.

4.8 Finition globale



Le cycle de finition globale, est un cycle permettant d'effectuer la finition des fonds et parois.

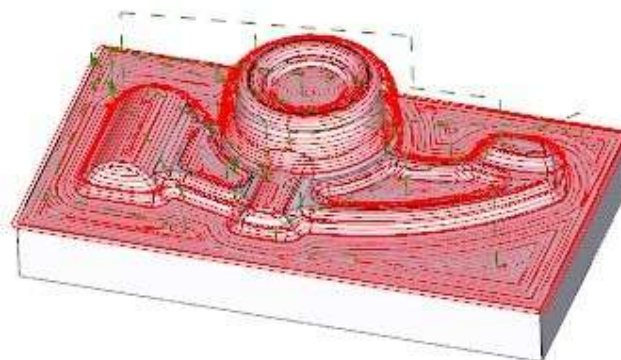


Illustration 28: Finition globale

Ce cycle est un mélange de finition par niveau Z pour les parois et finition concentrique pour les fonds. C'est un cycle très efficace pour finir une pièce comprenant parois et fonds en un seul cycle.

4.9 Finition paramétrique



Le cycle de finition paramétrique permet d'effectuer les passes suivant les lignes iso-paramétriques d'une face sélectionnée (avec U ou V comme direction).

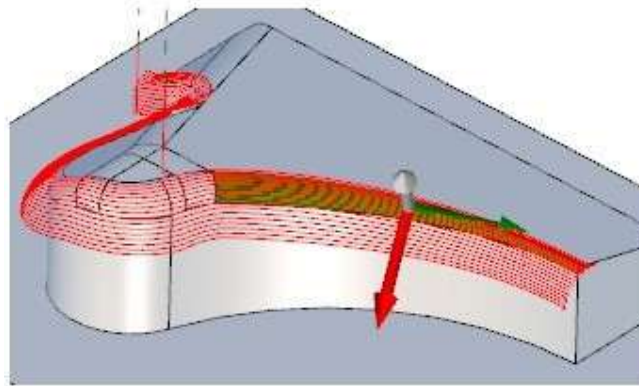


Illustration 29: Finition paramétrique

4.10 Contournage 3D



Le cycle de contournage 3D permet la réalisation d'un contournage à partir d'une séquence/profil 3D (non-plane), l'axe Z est piloté en continu contrairement à un contournage 2 axes. Le parcours peut être centré sur le profil ou décalé à gauche ou à droite. Le parcours est projeté sur le modèle.



Illustration 30: Contournage 3D

4.11 Reprise usinage des angles/coins



Le cycle de reprise usinage des coins permet de réaliser du parcours outil là où l'outil précédent (de plus grande taille généralement) n'a pas pu usiner. Le rayon de l'outil de référence (outil précédent) est utilisé pour identifier les zones à usiner.

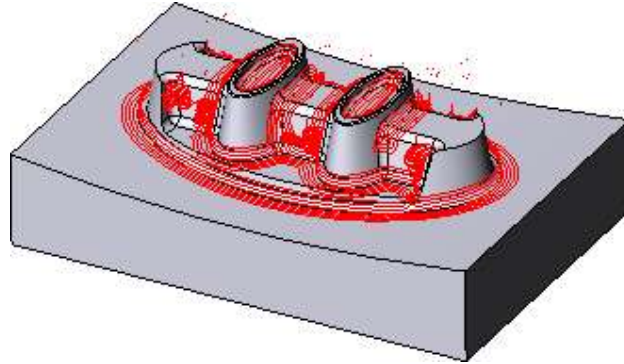


Illustration 31: Reprise usinage des coins

4.12 Bitangence



Le cycle bitangence permet de générer une unique passe, partout là où l'outil est tangent au modèle en deux points. Ce cycle est ressemblant à la reprise usinage des angles, cependant il génère une unique passe et ne prend pas en compte la dimension de l'outil précédent.

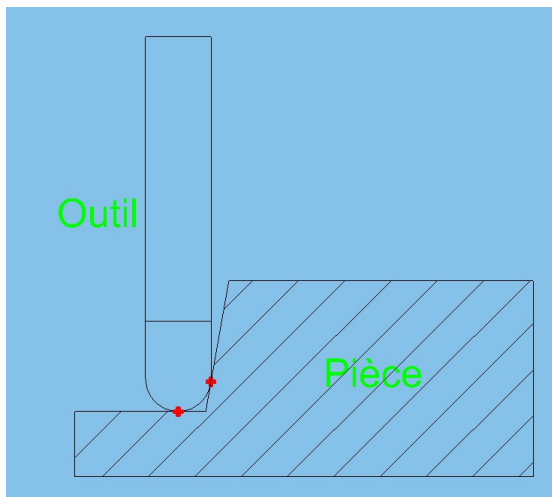


Illustration 32: Outil tangent en deux points

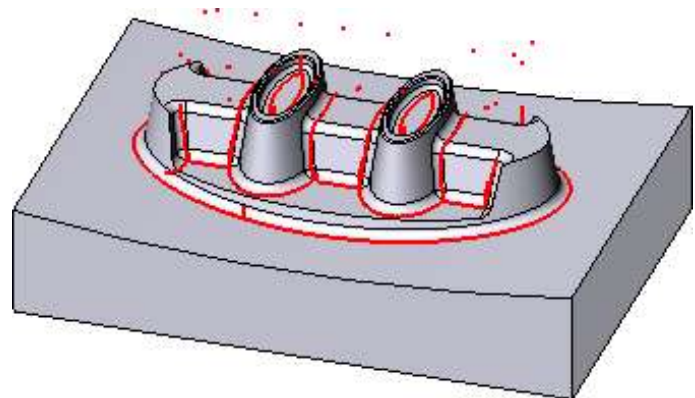


Illustration 33: Bitangence

5 Conseils et astuces

5.1 Travailler efficacement en limitant les temps de calculs inutiles

Lors de la mise au point d'un parcours outils, il est conseillé de travailler avec des valeurs de **Tolérance**, **Recouvrement** et **Profondeur de passe** importantes dans le but de faciliter les calculs et ainsi ces derniers peuvent être effectués plus rapidement.

Ordre de grandeur pour un calcul rapide de cycle de finition :

- Tolérance : 0,1 mm
- Recouvrement : 10 % du diamètre de Fraise

Ordre de grandeur pour un calcul définitif de finition :

- Tolérance : 0,012 à 0,005 mm
- Recouvrement : 0,5 à 5 % du diamètre de Fraise

Cette remarque est d'autant plus valable si la pièce est de grande taille et/ou usinée avec un outil de petite taille.

5.2 Gestion et compréhension des collisions en simulation

Lorsque l'on rencontre une collision en simulation il est important de visualiser les éléments en collisions qui peuvent être les suivants :

- Outil (partie coupante)
- Corps de l'outil
- Brut
- Pièce finie
- Machine, bridage, broche, ...

Le tableau ci-dessous décrit les collisions que l'on peut rencontrer (liste non-exhaustive).

	Outil (partie coupante)	Corps de l'outil
Brut	<u>Cause</u> : L'outil arrive en vitesse rapide dans le brut <u>Résolution</u> : Modifier son entrée	Problème de définition ou choix d'outil
Pièce finie	<u>Cause</u> : Trop de matière enlevée, la pièce finie est usinée <u>Résolution</u> : Affiner la tolérance	
Machine, bridage, broche, ... etc	Problème de définition ou choix d'outil Sequence FreeForm	

Tableau 1: Tableau des collisions