|  |
| --- |
| Procédés de fabrication  Découpe par jet d’eau haute pression  *Effet de la vitesse de découpe* |
| Document réponse |

# Présentation

Le but du TP est étudier l'effet de la vitesse d'avance de la tête de découpe sur la qualité et les défauts d'une pièce.

On cherchera donc à mesurer la dépouille sur un ensemble de pièces découpées à plusieurs vitesses d'avance, ainsi que l'état de surface (paramètre de rugosité Ra) le long de l'épaisseur découpée également pour plusieurs vitesses d'avance.

# Éléments fournis

* machine découpe 2D Flow Mach 3 pouvant atteindre une pression de 4000bars, abrasif standard (Grenat mesh 80).
* plaque d'alliage d'aluminium aéronautique (série 2000) de 10mm d'épaisseur
* un programme de découpe permettant de fabriquer 5 échantillons avec deux valeurs de vitesse chacun soit 10 valeurs de vitesse d'avance en tout
* un rugosimètre Mitutoyo associé à un arbre et un bras de mesure
* un projecteur de profil Mitutoyo
* un fichier excel pré-remplit pour tracer les grandeurs pertinentes.

# Remarque

Vous utiliserez la machine en mode de découpe standard. Une fois le matériau défini (paramètre usinabilité/machinabilité) à aluminium 2024, l'épaisseur définie à 10mm et la pression de consigne de 380MPa (soit 3800bars) définis, la logiciel détermine à partir d'un modèle la vitesse maximale de découpe possible pour les conditions choisies. Dans la suite la vitesse de découpe sera définie en pourcentage de cette vitesse maximale. Vos échantillons seront donc découpés avec des vitesses allant de 10% à 100% par palier de 10%.

# Analyse des risques associés au poste de travail

Définir les risques associés au poste de travail. Détailler les équipements de protection individuels EPI mis en place pour contrecarrer ces risques.

|  |  |
| --- | --- |
| Risques | EPI |
|  |  |

# Paramètres d’entrée-sortie – vision macro du procédé

A la suite de la lecture du sujet du TP, rappeler les paramètres d’entrée du procédé en précisant ceux qui seront pilotés au cours du TP. Rappeler les paramètres de sortie du procédé en précisant ceux qui seront observés et mesurés au cours du TP. Préciser les unités conventionnellement utilisées, le cas échéant.

Paramètres de sortie

Paramètres d’entrée

Paramètres externes

Découpe par jet d’eau haute pression

Indiquer les valeurs prises au cours du TP et les ordres de grandeurs courant, pour le matériau usiné, des paramètres d’entrée ici étudiés. Le cas échéant, indiquer les paramètres recommandés par les fabricants outils. Comment se situent les valeurs sur lesquelles vous travaillez par rapport à ces ordres de grandeur.

Matériau découpé : \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

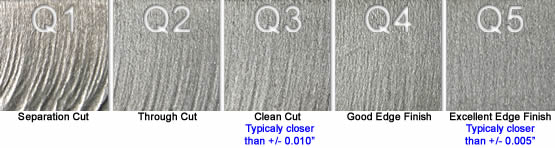
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre [unité] | Valeurs pour le TP | Ordres de grandeur courant – valeurs fabricant | Remarques/Commentaires |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| … |  |  |  |

* **Suivre et réaliser le protocole expérimental du TP**

# Paramètres de sortie/Observables – Mesures

Après avoir réalisé l’usinage de vos cinq échantillons, mesurer en suivant le protocole fournit l’état de surface et la dépouille pour chaque valeur de vitesse d’avance.

* Commentez avant de mettre en forme vos résultats l’état de la surface découpée à mesure que la vitesse augmente. Vous pourrez vous aider de classification de qualité donnée à la figure ci-dessous.



|  |
| --- |
|  |

Identifier les moyens de mesures des paramètres de sorties. Pour chacun de ces paramètres identifier les sources d’incertitudes[[1]](#footnote-1) possibles (incertitude du moyen, de l’expérimentateur…), notamment la mesure de l’angle de dépouille est réalisée en mesurant la largeur de saignée sur les deux faces de l’éprouvette. Redonnez brièvement la démarche de calcul. Le projecteur de profil utilisé pour mesurer ces largeurs comporte un objectif à grossissement x50. En déduire les effets et incertitudes sur les largeurs de saignées et l’angle.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paramètre | Moyen(s) de mesure | Sources d’erreurs |
| Largeur |  |  |
| Angle de dépouille |  |  |
| Rugosité |  |  |

La mesure de rugosité nécessite de choisir le bon paramètre de filtrage λc. Dans le cadre de l’usinage par outil coupant, le paramètre RSM permet de vérifier et le cas échéant de choisir le bon paramètre de filtrage. Justifiez pourquoi cette approche ne peut pas être utilisée dans votre cas.

Proposer un protocole de mesure permettant de minimiser l’erreur de mesure sur chacun des paramètres. Indiquer la source d’erreur minimisée sur les différentes étapes.

Indiquer une estimation des barres d’erreurs pour les différents paramètres de sortie à partir des réflexions ci-dessus. *Cette étape pourra utilement être réalisée ou revue après la réalisation de quelques mesures.*

**On pourra suivre l’approche suivante : il vous est ici demandé de fournir une barre d’incertitude la plus juste possible compte-tenu des moyens disponibles et de votre expérience. Cette estimation doit être suffisamment conservative : *i.e.* si l’on désigne quelqu’un, enseignant(e) ou étudiant(e) dans la pièce et qu’on lui fait suivre votre protocole, la mesure doit tomber dans votre intervalle. A l’inverse, l’intervalle doit aussi être suffisamment restreint pour que l’interprétation de la mesure puisse avoir du sens : plus la barre d’incertitude est grande et plus il est difficile d’interpréter une évolution du paramètre.**

|  |  |
| --- | --- |
| Paramètre | Intervalle de tolérance |
|  |  |
| Justification/calcul : | |
|  |  |
| Justification/calcul : | |

* **Réaliser les mesures des paramètres de sortie.**
* **Les renseigner dans le tableur fourni sous moodle.**
* **Renseigner la valeur des barres d’erreurs estimées.**
* **Tracer les courbes vous semblant pertinentes pour étudier l’évolution de l’état de surface et de la dépouille en fonction de la vitesse d’avance.**

# Analyse des résultats expérimentaux

Commentez l’évolution de l’état de surface en fonction de la vitesse pour chaque position de mesure (face du haut, centre, face du bas).

|  |
| --- |
|  |

Que peut en déduire vis à vis du compromis temps de coupe/qualité ? Proposez trois zones de classification des vitesses vis à vis de la qualité de la surface et justifiez-les.

|  |
| --- |
|  |

Commentez l’évolution de la courbe de dépouille en fonction de la vitesse. Les résultats sont-ils conformes à ce que vous pouviez attendre ? Quel(s) essais supplémentaires faudrait-il réaliser ?

|  |
| --- |
|  |

Comparez vos résultats pour l’étude de l’état de surface en fonction de la vitesse avec le groupe travaillant en fonction de la pression ? Quel(s) lien(s) éventuel(s) peut-on faire entre ces deux séries de mesure et donc ces deux paramètres ?

|  |
| --- |
|  |

# Bilan – Lien paramètres entrée/sortie

Conclure sur le lien entre la vitesse d’avance et les paramètres de sortie (état de surface, dépouille) ?

Comment choisir la vitesse de coupe pour optimiser la fabrication d’une pièce (qualité de la découpe et temps de réalisation) ?

Comment l’épaisseur de la pièce découpée influe-t-elle vos conclusions ?

|  |
| --- |
|  |

# Mise en situation

On s’intéresse désormais à la tolérance de pièces fabriquées. Des tôles (aluminium aéronautique 2024) doivent être découpées avec une tolérance dimensionnelle de +/-0.1mm, compte-tenu de vos mesures sur l’évolution de l’angle de dépouille, répondez aux questions suivantes.

*Vous pourrez utilement vérifier que seul l’angle de dépouille influence votre résultat, en vérifiant les côtes des pièces découpées lors du TP. Au besoin, prendre en compte l’erreur de fabrication observée dans votre analyse suivante.*

Pour une pièce de faible épaisseur (2 mm) quel pourcentage de la vitesse d’avance mène au meilleur compromis tolérance/temps de découpe :

|  |
| --- |
|  |

Pour une pièce de forte épaisseur (10 mm) quel pourcentage de la vitesse d’avance mène au meilleur compromis tolérance/temps de découpe :

|  |
| --- |
|  |

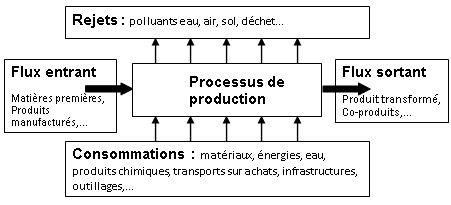
# Bilan énergétique et écologique du procédé/du TP

L’analyse du cycle de vie d’un produit modélise l’impact d’un produit sur l’environnement en prenant en compte toutes ses phases de vie.

Pour construire un modèle de son produit, il est nécessaire de disposer d’informations sur les matériaux le composant : d’où viennent-ils ? Comment ont-ils été produits, avec quels outils ? Quelles matières premières utilisent-ils ? Etc.

Des questions similaires se posent concernant les énergies utilisées, les transports mise en jeu, etc

La première étape d’une analyse du cycle de vie est donc d’inventorier les différents flux engendrés par la fabrication, l’usage et la fin de vie du produit. On parle d’inventaire du cycle de vie (ICV).[[2]](#footnote-2)



*Fig1. Inventaire des flux d’un cycle de production[[3]](#footnote-3)*

On se propose ici de réaliser un tel inventaire du process (usinage d’1m linéaire d’alliage d’aluminium d’épaisseur 10mm). On s’intéressera uniquement à la phase de vie d’usage, les autres phases de vie étant considérées comme négligeable dans le cadre industriel.

Dans un premier temps, essayer de lister simplement les flux.

Dans un second temps, essayer dans la mesure du possible de quantifier les flux, une discussion avec l’enseignant ou l’assistant ingénieur responsable de la plateforme (Alexandre Zelez) pourra être utile pour récolter certaines informations.

|  |  |
| --- | --- |
| Nature du flux | Quantification |
| Flux entrant | |
|  |  |
| Flux Sortant | |
|  |  |
| Rejets | |
|  |  |
| Consommations | |
|  |  |

1. <https://physique.ensc-rennes.fr/erreur_incertitude.php> [↑](#footnote-ref-1)
2. Manuel du logiciel [Bilan Produit de l’ADEME](https://base-impacts.ademe.fr/bilan-produit) [↑](#footnote-ref-2)
3. Manuel du logiciel [Bilan Produit de l’ADEME](https://base-impacts.ademe.fr/bilan-produit) [↑](#footnote-ref-3)