

SESSION 2012

**AGRÉGATION
CONCOURS EXTERNE**

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

ÉPREUVE D'ÉTUDES D'INDUSTRIALISATION

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

Fascicule sujet

Organisation des documents associés au fascicule sujet :

Ce sujet comporte :

- **la présentation de l'étude de pré-industrialisation** : mise en situation, présentation du sujet de l'épreuve, présentation du contexte de production, l'unité de découpage et assemblage des contacts auto-dénudants de la platine électronique composant la prise RJ45
- un fascicule sujet comprenant 3 parties identifiées « **PARTIE A** », « **PARTIE B** », et « **PARTIE C** »

Les 3 parties, « PARTIE A », « PARTIE B », « PARTIE C », ainsi que les différentes sous parties du sujet sont indépendantes

- Une chemise « **DOSSIER TECHNIQUE** » dans laquelle des documents spécifiques au support de l'étude, sont identifiés **DT- [n° du document]** ;
- Une chemise « **DOSSIER RESSOURCE** » dans laquelle des documents extraits de catalogues sont identifiés **DRS- [n° du document]** ;
- Une chemise « **DOSSIER RÉPONSE** » dans laquelle des documents utilisés pour répondre aux questions sont identifiés **DR- [n° du document]** ; Les feuilles de copie du candidat compléteront ces documents réponses.

Après avoir complété les en-têtes, le candidat remettra en fin d'épreuve ses copies paginées et ses « Documents Réponses » regroupés dans trois copies distinctes :

PARTIE A – ANALYSE du CONTEXTE INDUSTRIEL DE PRODUCTION

PARTIE B – QUALIFICATION DE LA PHASE DE DÉCOUPAGE

PARTIE C – INDUSTRIALISATION DE LA MATRICE FIXE

Avertissement :

- Le candidat est invité à formuler toutes les hypothèses nécessaires à la résolution du problème posé.
- Il sera tenu compte dans la correction de la clarté et de la concision des réponses.

COMPOSITION DU SUJET

Présentation du contexte et du sujet de l'épreuve : 3 pages
Questions à traiter dans les PARTIES « A », « B » et « C » : 10 pages

DOCUMENTS TECHNIQUES

DT- 1	Dessin de définition des contacts auto-dénudants
DT- 2	Nomenclature des étapes de découpe
DT- 3	Plan de la matrice fixe
DT- 4	Éclaté et nomenclature de l'outil de découpe
DT- 5	Documentation FESTO
DT- 6	Rapport d'analyse matériaux

DOCUMENTS RESSOURCES

DRS- A1	Extrait du Profil Environnemental Produit (PEP) de la prise RJ45
DRS- A2	Tables Norme ISO 2849 : Plans d'échantillonnages
DRS- B1	Caractéristiques de l'acier « Vanadis 23 »
DRS- C1	Conditions de découpe au fil
DRS- C2	Paramètres d'électroérosion
DRS- C3	Outils et conditions de coupe UGV

DOCUMENTS RÉPONSES

DR- B1	Étapes de découpe
DR- B2	Lecture de spécifications géométriques
DR- B3	Cotation de la bande
DR- C1	Formes de découpe fil
DR- C2	Gamme de découpe fil phases 10 et 20
DR- C3	Gamme de découpe fil phases 30 et 40
DR- C4	Modification de forme pour l'usinage

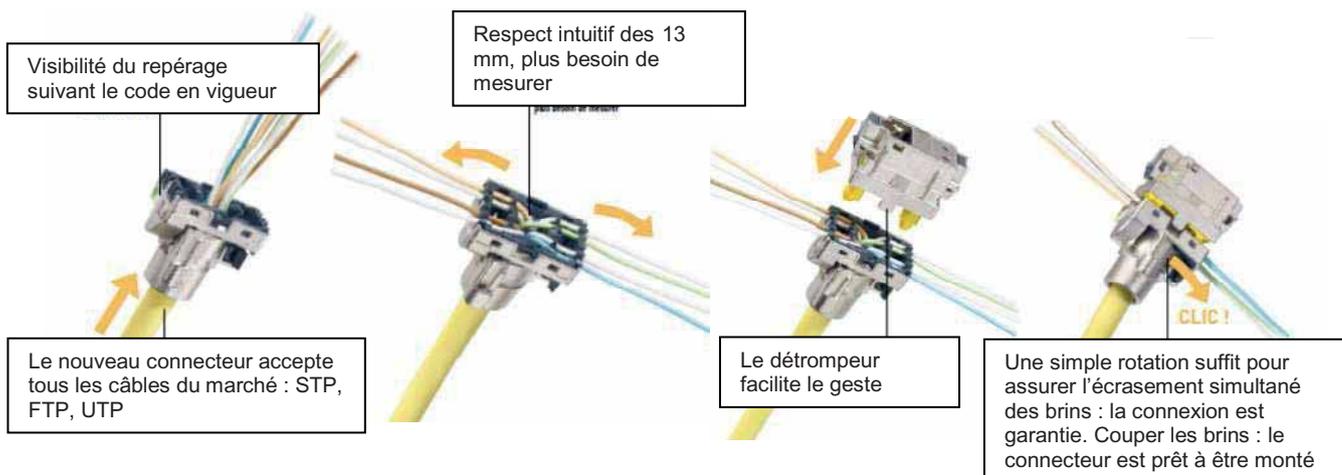
ÉTUDE D'INDUSTRIALISATION D'UNE PRISE RJ45

MISE EN SITUATION

Le support d'étude de cette épreuve est une prise informatique RJ45 conçue et fabriquée en grande série par une entreprise spécialisée dans les équipements et appareillages électriques, distribuée dans les grandes surfaces et enseignes spécialisées.



La conception actuelle de ces prises RJ45, qui fait l'objet d'un dépôt de brevet, permet aux installateurs de gagner du temps dans l'installation des réseaux informatiques. En quelques secondes, sans pour autant dénuder les fils de la tresse informatique, il est possible de réaliser une connexion informatique très rapidement et d'assurer un fonctionnement optimal en « clipsant » (simple clic) une **platine électronique équipée de différents ergots**, (connecteurs LCS) cf. DT1, **dessin de définition des ergots**, qui viendront assurer la continuité électrique entre la prise RJ45 et le réseau informatique.



PLATINE ÉLECTRONIQUE ÉQUIPÉE DE 8 CONTACTS AUTO-DÉNUDANTS



Figure 1 – PHOTOS de la PRISE RJ45 DÉMONTÉE

Dans le cadre de cette épreuve, on s'intéresse plus particulièrement à l'unité de découpage et d'assemblage des contacts auto-dénudants sur la platine électronique.

PRÉSENTATION du SUJET de l'ÉPREUVE

Pour faire face au marché des prises RJ45, qui se caractérise par un environnement de production dynamique et concurrentiel, l'entreprise conçoit ses propres moyens de production. Elle est engagée dans une démarche d'innovation (protégée par des dépôts de brevets) et dans une démarche d'amélioration continue de sa productivité (Coûts, Qualité et Délais de Production). Pour cela, cette entreprise a mis au point un processus de production automatisé de poinçonnage, découpage et assemblage de contacts auto-dénudants sur une platine électronique.

L'unité de production des prises RJ45 est présentée sur la page suivante, figure 4. Elle est principalement constituée d'un carrousel avec 4 postes principaux :

- 1) Poste de chargement des platines,
- 2) Poste de découpe des contacts auto-dénudants avec une alimentation par bande des contacts,
- 3) Poste d'assemblage des contacts auto-dénudants sur la platine
- 4) Poste de déchargement.

Le sujet s'intéresse au poste de découpe des contacts auto-dénudants (présenté sur la figure 4) et plus particulièrement à l'outillage de découpe (présenté sur la figure 5).

« **PARTIE A** » : Cette partie de l'épreuve analyse le contexte industriel de l'entreprise, la productivité, le suivi de la qualité et des coûts. Cette partie explore les différentes solutions que l'entreprise engage pour réduire l'ensemble de ses coûts.

Travail demandé

- Analyser le contexte actuel de production, la stratégie d'entreprise en matière d'innovation.
- Étudier et analyser différentes solutions pour améliorer le Taux de Rendement de l'unité de production (**Quantité**), pour contrôler la production (**Qualité**).
- Réaliser une étude de rentabilité (**Coûts**).

« **PARTIE B** » : Cette partie de l'épreuve analyse les problèmes réguliers rencontrés sur l'outillage de poinçonnage-découpage de l'unité de production des contacts auto-dénudants, problèmes qui pénalisent le taux de rendement de cette unité. Au travers de cette partie, des pistes de remédiation sont analysées.

Travail demandé

- Apporter des solutions en vue d'augmenter les Taux de Rendement.
- Explorer le procédé et le processus de réalisation des pièces qui composent l'outillage.
- Explorer différentes pistes d'améliorations de l'outillage.

« **PARTIE C** » : Le bureau d'industrialisation de l'entreprise envisage de modifier les processus de réalisation de la matrice fixe afin de générer des économies : cette partie de l'épreuve étudie le processus de réalisation de cette pièce spécifique appartenant à l'outillage de découpe.

Travail demandé

- Explorer différentes gammes de réalisation (procédés et processus : électro-érosion par enfonçage, découpage au fil par électroérosion, usinage UGV).
- Proposer une nouvelle gamme de réalisation de la matrice fixe.

PRÉSENTATION de L'UNITÉ DE DÉCOUPAGE ET ASSEMBLAGE des CONTACTS AUTO-DÉNUDANTS de la PLATINE ÉLECTRONIQUE

L'entreprise a conçu et breveté la conception de ses platines électroniques. Une innovation technologique, permet de réaliser la continuité du circuit électrique entre les contacts auto-dénudants et la platine. Sur l'unité de production, à partir d'une bande métallique (Figure 2), ces contacts auto-dénudants sont poinçonnés, découpés, positionnés et insérés en force à l'intérieur des alésages de la platine (Figure 3), sans pour autant qu'ils ne soient soudés.

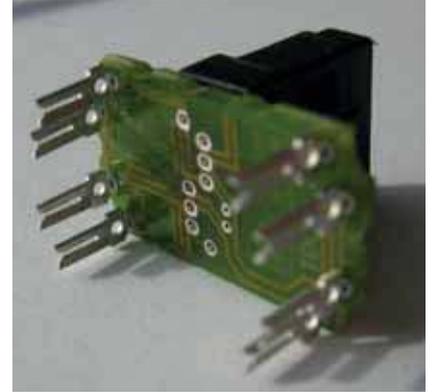
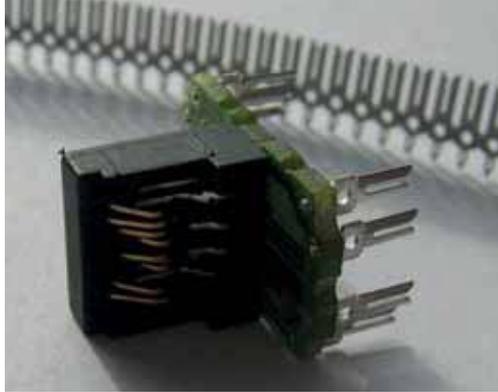
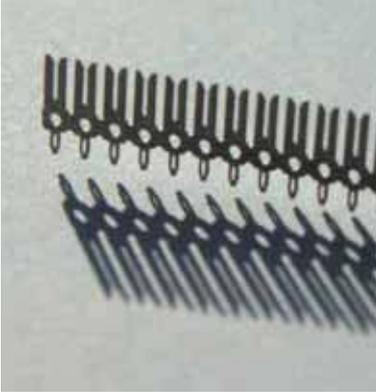
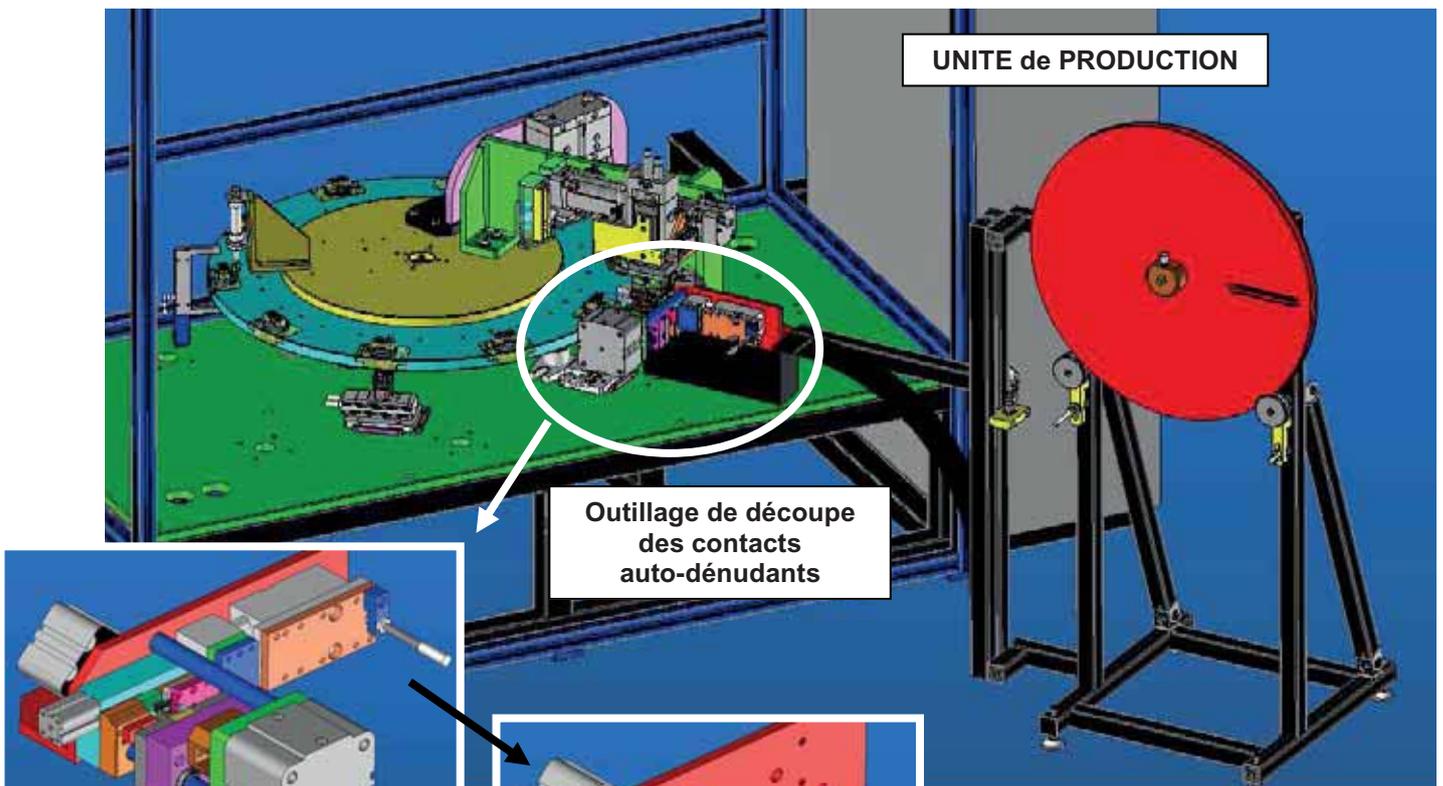


Figure 2 - Mise en Bande

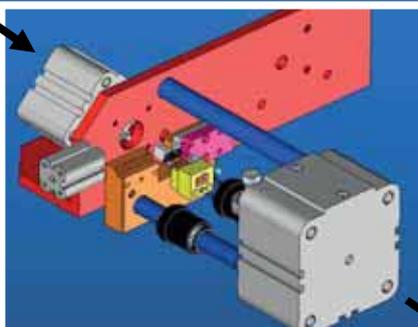
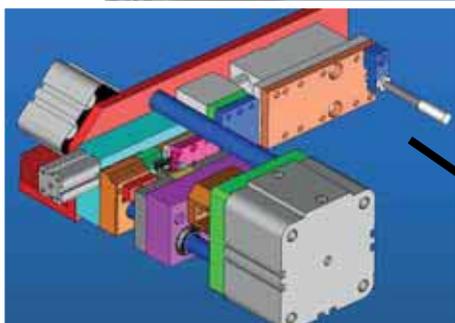
Figure 3 – Platine électronique équipée des contacts auto-dénudants



UNITE de PRODUCTION

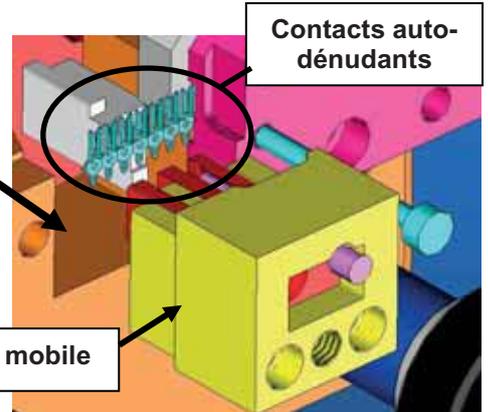
Outillage de découpe des contacts auto-dénudants

Figure 4 – Vue d'ensemble de l'Unité de Production



Figures 5 – Outillage de découpe des contacts auto-dénudants (voir également DT-4 Éclaté outil de découpe)

Poinçon mobile



Contacts auto-dénudants

A - ANALYSE du CONTEXTE INDUSTRIEL de PRODUCTION

Avec la configuration actuelle, décrite au travers des différents documents du sujet et du dossier technique, l'entreprise produit actuellement 1200 platines / heure. Compte tenu d'un marché stratégique en plein développement (informatique, industriel et tertiaire), elle mobilise 3 équipes d'opérateurs, fonctionne le week-end et les jours fériés pour répondre à la demande.

A.1. Analyse du contexte industriel associé au produit commercialisé

Malgré un marché très concurrentiel, l'entreprise a pris l'initiative de protéger la conception de ses produits en déposant des brevets, par ailleurs accessibles à ses concurrents. Ces brevets portent sur la disposition des contacts auto-dénudants sur la platine électronique, sur le procédé réalisant la continuité électrique entre ces contacts auto-dénudants et la platine. L'entreprise a pris également l'initiative de communiquer sur le Profil Environnemental de ses Produits (PEP).

Question A-1

Expliquer les intérêts et avantages de même que les inconvénients pour l'entreprise, de déposer des brevets pour protéger ses innovations.

Question A-2

Justifier, du point de vue du client, du point de vue de l'entreprise, l'intérêt de disposer du Profil Environnemental Produit (PEP) des produits. A partir des indicateurs fournis par le fabricant cf. DRS_A1, **Préciser** les étapes du cycle de vie et les impacts environnementaux pris en compte par le fabricant. **Proposer** une représentation graphique du Profil Environnemental du Produit pour visualiser les impacts environnementaux des trois étapes de son cycle de vie (Fabrication, Distribution et utilisation).

A.2. Amélioration du taux de rendement synthétique (TRS)

L'unité de production automatisée affiche un Taux de Rendement Synthétique de 70%. En vue d'améliorer ce taux de rendement, une analyse récente des modes de défaillance et états critiques (AMDEC) a démontré sur cette unité de production, une faiblesse des outils de découpe qui ont tendance à casser trop souvent.

Question A-3

Expliquer les objectifs et l'intérêt pour une entreprise de procéder à une AMDEC pour cette unité de production.

Question A-4

Définir les composantes permettant de déterminer le Taux de Rendement Synthétique. **Indiquer** les principaux indicateurs que le responsable de production a intérêt à surveiller pour augmenter le Taux de Rendement Synthétique au niveau de l'unité et l'environnement de production.

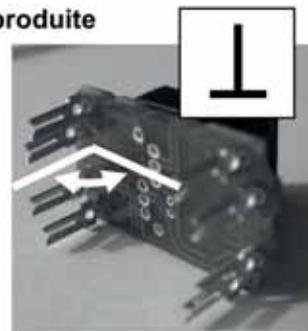
Question A-5

Proposer des solutions curatives et/ou alternatives qui permettraient à l'entreprise de maintenir son Taux de Rendement actuel, malgré la défaillance continue de certains poinçons, démontrée par l'AMDEC.

A.3. Analyse du contexte de production, amélioration et suivi de la qualité produite

L'entreprise souhaite s'assurer que ses clients reçoivent des produits conformes et s'impose un contrôle qualité des produits fournis.

Les contacts auto-dénudants assemblés sur la platine électronique doivent respecter une spécification géométrique de perpendicularité avec celle-ci. Cette spécification imposée est particulièrement surveillée dans le cadre d'une démarche de maîtrise statistique du procédé.



Question A-6

Justifier l'importance de cette spécification de perpendicularité.

Question A-7

Décrire à l'aide de schémas et/ou de façon littérale le type de contrôle, le moyen de contrôle adapté, à mettre en œuvre et à appliquer à cette spécification de perpendicularité obtenue dans le cadre de cette production automatisée, sérielle et en grande série.

Dans le cadre d'une démarche qualité fournisseur-client, l'entreprise souhaite mettre en œuvre une démarche d'amélioration qualitative de ses produits disponibles sous forme de lots. Elle souhaite mettre en œuvre des plans d'échantillonnage par attribut pour ses différents contrôles. L'entreprise souhaite comparer l'efficacité de ses procédures de contrôle pour les normaliser dans le cadre d'audits produits et de sa démarche de certification. Des lots (N) de 1000 produits sont régulièrement constitués.

Question A-8

A l'aide de la table I de la norme ISO 2859-1, cf. DRS_A2, pour un Niveau de Qualité acceptable de 0,65%, pour un contrôle général de niveau II : **déterminer** le plan d'échantillonnage normal simple à mettre en œuvre. **Préciser** la taille des échantillons à prélever, les critères d'acceptation Ac et de rejet Re.

La courbe d'efficacité de ce contrôle représente la probabilité pour un échantillon de taille n, de proportion p de non conformes, d'être accepté. Par approximation d'une loi binomiale, la courbe d'efficacité Pa, peut s'écrire :

$$P_a = p(X < A_c) = \sum_{k=0}^{k=A_c} C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$$

avec

$$C_n^k = \frac{n!}{k! (n-k)!}$$

Question A-9

Tracer la courbe d'efficacité $P_a = f(p)$ de ce contrôle normal simple. Pour un lot qui contiendrait p=2% de défectueux, **déterminer** analytiquement ou graphiquement la probabilité d'acceptation $P_a(p=2\%)$.

NOTA : Pour les tracés de courbes d'efficacité, questions A9, A10 et A12, utiliser un seul graphique et distinguer les courbes afin de les comparer

Question A-10

Souhaitant un niveau de qualité élevé, l'entreprise peut fixer un critère d'acceptation Ac à 0 (zéro). **Donner** l'expression littérale de la probabilité d'acceptation $P_A = f(p)$. **Tracer** la courbe d'efficacité de ce nouveau plan d'échantillonnage. **Déterminer** la probabilité d'acceptation pour un lot contenant respectivement 1% et 2% de défectueux. **Commenter et conclure** sur l'efficacité de ce plan.

Les plans d'échantillonnage double et multiple sont couramment employés dans l'industrie, lorsque les productions sont stabilisées, car susceptibles de générer des économies sur la taille des échantillons et sur la durée du contrôle. Lorsque la qualité évolue, l'entreprise et le client peuvent souhaiter mettre en place des plans d'échantillonnage réduit ou renforcé. L'entreprise souhaite déterminer l'efficacité de tels plans dans la cadre de sa production actuelle.

Selon la norme en vigueur, au plan simple normal précédent correspondent les plans double et multiple suivants :

Plan double	Prélèvement	n1 = 50	n2 = 50
	Ac	0	1
	Re	1	2

Plan multiple	Prélèvement	n1 = 20	n2 = 20	n3 = 20	n4 = 20	n5 = 20	n6 = 20	n7 = 20
	Ac	-	-	0	0	1	1	2
	Re	2	2	3	3	3	3	3

(On ne peut conclure à l'acceptation du lot lors des deux premiers prélèvements)

Question A-11

Rédiger sous forme d'organigramme l'arbre de décision pour ces deux plans. **Déterminer** pour les plans double et multiple correspondants au plan simple, les économies réalisables lorsque le niveau de qualité exigé est au rendez-vous. **Évaluer** l'opportunité d'un plan multiple lorsque la qualité est moyenne : jusqu'à 1 pièce défectueuse détectée par échantillon (n).

Au plan simple normal correspondent les plans simples réduit et renforcé suivants

Plan réduit	Prélèvement	n = 32	Plan renforcé	Prélèvement	n = 80
	Ac	0		Ac	0
	Re	1		Re	1

Question A-12

Tracer la courbe d'efficacité de ces deux plans (réduit et renforcé), en les comparant avec la courbe d'efficacité du plan normal simple (Question A9). **Conclure** sur l'efficacité de ces deux plans lorsque la qualité évolue de façon satisfaisante ou à contrario de façon non satisfaisante.

A.4. Étude de rentabilité pour un nouvel investissement envisagé.

En réponse à la demande du marché, l'entreprise envisage d'augmenter sa production. Compte tenu de l'évolution de la demande, l'entreprise souhaite passer d'une production de 1200 à 3500 platines / heure pour cette unité de production, une solution s'offre à elle : investir dans une nouvelle unité de production qui remplacerait l'unité actuelle.

Une nouvelle unité permettrait de baisser les coûts de revient ramenés à la platine produite par l'augmentation de la cadence de production. Le dirigeant de l'entreprise souhaite avoir une idée précise de la rentabilité de cet investissement. Les calculs nécessitent d'isoler les retombées de cet investissement en comparant les flux de trésorerie avec et sans investissement, en comparant, année par année, les flux de trésorerie positifs (recettes) et négatifs (dépenses). Cet investissement ne sera envisagé que si les flux nets de trésorerie cumulés sur la durée de vie sont supérieurs au montant de l'investissement et si le délai de récupération de l'investissement est rapide.

Hypothèses :

- L'entreprise travaille sur **350 jours ouvrés**
- Prix de vente actuel : **0,01 euros / platine produite.**
- Coût de l'investissement : **200 000 euros.**
- Durée d'utilisation de la nouvelle unité de production envisagée : **5 ans.**

Tournez la page S.V.P.

- Au terme de ces 5 ans, l'unité est estimée par sa valeur résiduelle ou valeur à la fin de la durée d'amortissement : **7 500 euros**.
- Charges d'exploitations supplémentaires (matières, main d'œuvre, charges) dues à l'investissement réalisé : **50 000 euros / an / 5 ans**
- Taux d'imposition des bénéfices : **33,33%**
- Mode d'amortissement retenu sur les 5 années de durée de vie estimée : **linéaire**

Question A-13

En fonction de l'augmentation de la cadence de production attendue, **calculer** le chiffre d'affaire attendu lié à l'investissement envisagé.

Question A-14

Établir le tableau d'amortissement linéaire (cf. dotation aux amortissements) de cette nouvelle unité de production.

Question A-15

Compléter sur feuille de copie, tel que proposé ci-dessous, le tableau de calcul des Flux Nets de Trésorerie lié à ce projet

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Chiffre d'affaire attendu (1) :					
- Charges d'exploitations supplémentaires (1) :					
- Dotation aux amortissements (2)					
= Résultat avant impôt					
- Impôts sur les bénéfices (3)					
= Résultat après impôts					
+ Dotation aux amortissements (2)					
+ Valeur résiduelle de l'actif (4)					
= Flux Nets de Trésorerie (5)					

Les étapes de calcul :

- (1) Le chiffre d'affaire attendu (bénéfices proportionnels à l'augmentation de la production) et les dépenses (charges fixes d'exploitations supplémentaires) sont estimés à la fin de chaque année
- (2) L'unité de production envisagée fait l'objet d'une dépréciation annuelle constatée par une dotation aux amortissements. Cette dépréciation, ou perte de valeur ne fait pas l'objet de sortie de trésorerie. C'est une charge qu'il faut soustraire pour le calcul du résultat puis pour le calcul de l'impôt et qu'il faudra rajouter pour le calcul des Flux Nets de Trésorerie
- (3) L'impôt sur les bénéfices se calcule à partir du résultat avant impôt x taux d'imposition
- (4) La valeur résiduelle de l'actif est une recette supplémentaire intégrée au calcul des flux nets de trésorerie la dernière année d'amortissement
- (5) Les flux nets de trésorerie représentent les disponibilités financières de l'entreprise

Question A-16

Calculer la somme des flux nets de trésorerie

Question A-17

Déterminer le délai de récupération (années et mois) du capital investi

Question A-18

Conclure quant à l'intérêt de cet investissement.

B - QUALIFICATION DE LA PHASE DE DÉCOUPE

Dans le cadre de l'amélioration du taux de rendement ainsi que dans la perspective d'une montée en cadence, une AMDEC a montré la nécessité de pallier les défaillances des outils de découpe. Une recherche des causes de défaillance et des pistes d'amélioration du processus est donc mise en place.

B1 - Étude des opérations de découpe

La définition de la pièce est définie sur le document technique DT-1. Les conclusions de l'AMDEC révèlent le niveau important de criticité des caractéristiques réalisées dans cette phase de découpe pour le bon déroulement des phases d'assemblage ultérieures. Il est ainsi nécessaire d'évaluer le niveau de qualité de réalisation de ces spécifications.

Question B-1

Symboliser, sur le document réponse DR-B1, les choix technologiques de mise et de maintien en position de chaque pièce pour les étapes de 1 à 3 (description sur DT-2). **Surligner** en rouge les surfaces découpées lors de chaque étape.

Question B-2

Analyser, en complétant le document réponse DR-B2, la spécification géométrique réalisée.

Question B-3

Décrire le problème posé par la réalisation de plusieurs pièces dans la même phase de travail.

Identifier, pour chacune des pièces de 1 à 4, les causes de défauts potentiels liés à la réalisation de cette spécification.

Question B-4

Commenter la mise en position du produit lors de l'étape 1 de la phase de découpe.

Proposer sur le document réponse DR-B3 une solution d'écriture du tolérancement de la bande de produit brut. (Le calcul ou l'estimation des dimensions des intervalles de tolérance ne sont pas demandés, les valeurs pouvant rester sous la forme t_1 , t_2 ...).

B2 - Étude du procédé de découpage.

Dans le cadre de la recherche des causes de défaillance, on se propose de vérifier les limites du procédé de découpe compte tenu des paramètres choisis.

Question B-5

Décrire à l'aide d'un ou plusieurs schémas une opération de découpage d'une tôle. **Tracer** l'allure générale de la courbe présentant l'évolution de l'effort en fonction du temps pour un cycle de découpage et **identifier** les différentes zones. **Préciser** quels sont les principaux paramètres à prendre en compte lors de la définition d'une opération de découpe, ainsi que leur(s) influence(s) sur les défauts générés.

Question B-6

Justifier la présence des centreurs de matrice en précisant leur fonction et en commentant le tolérancement de la matrice fixe (voir DT-3 et DT-4).

Le matériau retenu pour les contacts est un bronze au phosphore, dont le R_m est donné entre 685 N/mm² et 785 N/mm². Les vérins choisis sont des vérins ADVU standards (et non S2 ou S20), de diamètre de piston 80 mm pour le vérin N°1 et 50 mm pour le vérin N°2, et dont les caractéristiques sont fournies sur le document technique DT-5.

Le calcul des efforts de découpage pourra être réalisé à l'aide d'un modèle simplifié et l'effort de dévêtissage sera estimé à 15% de l'effort de découpage.

Question B-7

Vérifier la compatibilité des vérins retenus avec le processus mis en œuvre et **commenter** ce choix.

B3 - Métallurgie des poinçons et matrices.

L'usure et le bris des poinçons et matrices étant identifiés comme les causes principales de défaillance, l'analyse d'une matrice par un laboratoire de métallurgie est demandée. Les résultats de cette analyse sont fournis sur le document technique DT-6.

Le matériau est un Vanadis 23, acier rapide fritté fortement allié caractérisé par une très bonne résistance à l'usure abrasive et une résistance élevée à la compression. Les caractéristiques et préconisations d'emploi de ce matériau sont fournies sur le document ressource DRS-B1.

Question B-8

Commenter la quantification des éléments d'alliage et justifier son appartenance à la famille des aciers rapides.

Sachant que la dureté requise est de 64 HRC (ou 800 HV10),

Question B-9

Détailler, en respectant les préconisations du fournisseur, le processus de traitement thermique que devra subir le matériau afin de répondre à l'exigence de dureté demandée. Relever les caractéristiques mécaniques du matériau après traitement.

Question B-10

Décrire, de façon succincte et à l'aide de croquis, les essais permettant de mesurer la résilience, la dureté HRC et le module d'élasticité.

Après vérification des paramètres de mise en œuvre du traitement thermique qui s'avèrent corrects par rapport aux préconisations, l'analyse de la pièce fournie (voir document technique DT-6) fait apparaître 2 types de surfaces :

- *les surfaces rectifiées, qui présentent une dureté de 64 à 65 HRC,*
- *les surfaces obtenues par électroérosion qui présentent une dureté supérieure à 70 HRC.*

Question B-11

Commenter ces résultats d'analyse en termes de causes et d'effets sur les caractéristiques de l'outil et les conséquences sur le processus de découpe.

C- OBTENTION DE LA MATRICE FIXE PAR USINAGE

Le plan de définition de la matrice est présenté sur le Document Technique DT-3. Le matériau constitutif de la matrice fixe est du X130 W Cr M0 V 6 5 4 3. Cette pièce est actuellement entièrement réalisée en combinant deux procédés : un procédé d'électroérosion par découpe au fil et un procédé d'électroérosion par enfonçage.

La gamme de fabrication pour ce type de matrice (ou poinçon) consiste à réaliser une forme brute cubique puis à réaliser par différentes opérations d'usinage, les trous et taraudages, avant de réaliser les traitements thermiques souhaités et d'usiner l'ensemble des surfaces fonctionnelles.

Un traitement thermique de masse appliqué à la matrice permet d'obtenir une dureté de 64 HRc. Toutes les opérations d'usinage permettant d'obtenir les formes fonctionnelles sont réalisées après le traitement thermique.

Pour réduire les coûts de production pour ce type de pièces, le bureau d'industrialisation envisage de réaliser la matrice fixe par usinage grande vitesse (UGV). Tous les trous taraudés et alésages de la pièce ne font pas partie de l'étude. Ils continueront à être réalisés par enlèvement de matière.

C1 - Étude du procédé d'obtention de la matrice fixe par électroérosion

Afin de valider, sur les plans technique et économique, le changement de procédé d'obtention de la matrice fixe, il est nécessaire de quantifier, dans un premier temps, les coûts de production du procédé actuel par électroérosion.

Question C-1

Décrire, en s'appuyant sur un schéma, le principe physique d'électroérosion. Dans le cadre de ce procédé, **indiquer** si tous les matériaux peuvent être usinés.

Question C-2

Indiquer les différents paramètres à régler lors de la mise en œuvre du procédé d'électroérosion. **Indiquer** quels sont les différents critères technologiques influencés par ces paramètres.

Question C-3

Décrire, en s'appuyant sur un schéma, le principe de procédé de découpe au fil par électroérosion. **Citer** quelques exemples de pièces classiques obtenues avec ce procédé. **Indiquer** les limites du procédé en termes de formes réalisables.

Question C-4

Décrire, en s'appuyant sur un schéma, le principe de d'électroérosion par enfonçage. **Indiquer** la nature des matériaux généralement utilisés pour réaliser les électrodes. **Classer** les différents matériaux proposés en termes de durée de vie et coût de réalisation d'une électrode. **Citer** quelques exemples de pièces classiques obtenues avec ce procédé. **Indiquer** les limites du procédé en termes de formes réalisables.

C2 - La découpe au fil par électroérosion : détermination du coût de production, application à la matrice fixe.

La découpe au fil par électroérosion ne nécessite pas la réalisation d'électrodes spécifiques. Ce procédé a été choisi initialement pour réaliser un maximum de formes sur la matrice fixe.

Le bureau d'industrialisation souhaite déterminer le coût de production associé à ce procédé, et souhaite formaliser la gamme de fabrication de découpe au fil par électroérosion de la matrice fixe.

La matrice fixe, dans son état initial, est une pièce brute, cubique, englobant avec les surépaisseurs de matière nécessaires à l'obtention des formes et aux différentes prises de pièces. Quatre phases différentes sont proposées sur le document réponse DR-C1. Ce nombre est le nombre maximal de posages. Il ne doit pas être dépassé.

Tournez la page S.V.P.

Question C-5

Indiquer, sur le Document-Réponse DR-C1 et en respectant le code couleur proposé, l'ensemble des formes obtenues par découpe au fil par électroérosion, en les groupant par phase de découpe (chaque phase correspond à un posage de la pièce).

Question C-6

Préciser, en utilisant le Document-Ressource DRS-C1, le nombre de passes (ébauche, demi-finition et finition) pour chacune des faces en fonction des caractéristiques géométriques et d'état de surface spécifiées sur la pièce.

Question C-7

Réaliser la gamme de fabrication : **compléter** les Documents-Réponses DR-C2 et DR-C3 en indiquant pour chaque phase :

- l'enchaînement des opérations de découpe (ne pas omettre de préciser l'axe du fil) ;
- les trajectoires du fil lors des différentes découpes ;
- la mise en position et le maintien en position de la pièce.

Question C-8

Estimer le temps de découpe de la pièce. Pour cela, **mesurer** la longueur de découpe et **considérer** que la vitesse d'avance programmée est en permanence respectée. Sachant que le coût horaire d'une machine de découpe au fil est estimé à 50 euros par l'entreprise, **déterminer** le coût de revient de la découpe fil.

C3 - L'électroérosion par enfonçage : détermination du coût de production, application à la forme « guide-contre poinçon » de la matrice fixe.

Sur le plan de définition de la matrice fixe présenté sur le Document Technique DT-2 une forme nommée « guide contre-poinçon » est obtenue par électroérosion par enfonçage. La pièce à réaliser étant unitaire, le matériau choisi pour réaliser l'électrode est le cuivre.

Question C-9 :

Indiquer pourquoi cette forme est obtenue par électroérosion par enfonçage.

La gamme d'électroérosion initiale est précisée sur le Document-Ressource DRS-C2-1. Les différents choix de programmation sont présentés ci-après.

La surface frontale de l'électrode en cuivre étant de 23,5 mm², la puissance de départ choisie pour ébaucher la forme est la puissance P6. Le jeu de paramètres choisi est le jeu 282 qui maximise l'enlèvement de matière avec la puissance P6 (voir « courbes de technologies »). Comme il faut obtenir un Ra de 0,8 microns sur la forme finale, la puissance finale choisie pour finir la forme est la puissance P2. Le jeu de paramètres choisi est le jeu 181 qui permet l'obtention du Ra avec la puissance P2 (voir « courbes de technologies »).

En parallèle, le document « Choix des sous dimensions » DRS-C2-2 permet de voir que l'électrode d'ébauche doit avoir des dimensions radiales en retrait de 150 microns par rapport à la forme finale alors que le retrait ne doit être que de 8 microns pour la finition.

Comme seule la surface frontale de l'électrode s'use au cours de l'opération d'électroérosion, toutes les opérations sont réalisées avec la même électrode. La programmation la plus simple consiste alors à réaliser le programme d'ébauche avec le jeu de paramètres 282 puis directement les quatre programmes de finition (un programme par face) avec le jeu de paramètres 181.

Le temps d'usinage de l'électrode est estimé à 40 minutes. L'électrode est réalisée sur un centre d'usinage grande vitesse à 3 axes dont le coût horaire est de 110 euros / heure.

Question C-10

Calculer la durée de l'opération d'ébauche et des 4 opérations de finition (une opération de finition par face), en fonction des débits d'enlèvement de matière proposés sur le Document-Ressource DRS-C2.

Question C-11

En utilisant le temps d'usinage par électroérosion estimé à la question C-10, **calculer** le coût de revient de l'obtention de la forme « guide contre-poinçon » sachant que le coût horaire de la machine d'électroérosion par enfonçage est de 80 euros.

Question C-12

Préciser l'intérêt d'insérer un programme intermédiaire de « demi-finition » pour la gamme d'électroérosion de la forme étudiée. Sans développer l'ensemble des calculs, **indiquer** votre raisonnement.

C4 - Usinage UGV : détermination du coût de production, application à la matrice fixe, obtenue initialement par un découpage au fil par électroérosion.

Le bureau d'industrialisation souhaite remplacer l'ensemble des opérations de découpe au fil par électroérosion par des opérations d'usinage à l'outil coupant et envisage de réaliser la matrice fixe par un procédé d'usinage à grande vitesse (UGV).

Le bureau d'industrialisation souhaite déterminer le coût de production associé à ce procédé, aussi est-il nécessaire de formaliser la gamme de fabrication par usinage de la matrice fixe.

Une gamme d'outils et de conditions de coupe est fournie sur le Document-Ressources DRS-C3. Le coefficient spécifique de coupe pour le matériau constitutif de la matrice est considéré proche des 4000 N/mm².

Le centre d'usinage grande vitesse possédé par l'entreprise est un centre d'usinage 3 axes, de volume usinable de 500 mm au cube, équipé d'une électro-broche de 12 KW avec une fréquence de rotation maximale de 36000 tr/min.

Nous nous intéressons dans un premier temps à l'obtention de la forme « dégagement découpe poinçon » qui a la particularité d'imposer un diamètre de fraise très faible pour une forme usinée assez profonde.

Question C-13

Indiquer s'il est envisageable d'obtenir cette forme par usinage. **Justifier et argumenter** votre réponse, en admettant que le coefficient spécifique de coupe du matériau de la matrice fixe possède une valeur proche de 4000 N/mm².

Pour la suite nous considérons que cette forme continuera à être réalisée par découpe au fil par électroérosion.

De plus, pour des raisons économiques, l'ensemble des formes obtenues initialement par découpage au fil par électroérosion, conservera le même mode d'obtention car l'usinage par outil coupant de ces formes n'est pas rentable.

C5 - Usinage UGV : détermination du coût de production, application à la forme « guide contre poinçon », obtenue initialement par électroérosion par enfonçage

On souhaite remplacer l'opération d'électroérosion par enfonçage de la forme « guide contre poinçon » par une opération d'usinage.

Question C-14

Proposer, sur le Document-Réponse DR-C4, une modification de la forme « guide contre-poinçon » qui permettrait de réaliser cette forme par un usinage par enlèvement de matière

Question C-15

Réaliser la gamme de fabrication par usinage de la forme proposée à la question précédente.

Compléter le Document-Réponse DR-C4 en indiquant :

- l'enchaînement des opérations d'usinage (ne pas omettre de préciser l'axe outil),
- les trajectoires outils lors des différentes opérations,
- la mise en position et le maintien en position de la pièce.

Pour compléter l'avant-projet de fabrication, veuillez compléter pour chaque phase d'usinage

- le choix de la géométrie et des nuances des outils de coupe,
- les conditions de coupe, en remplissant sur votre copie un tableau comme présenté ci-dessous :

Outil	Vc	N	fz	Vf	Remarques

Question C-16

Estimer la longueur des différents trajets. En considérant que la vitesse d'avance programmée est en permanence respectée, **estimer** le temps d'usinage de la pièce. Sachant que le coût horaire d'un centre d'usinage grande vitesse à 3 axes est estimé à 110 euros par l'entreprise, **déterminer** le coût de revient de ces usinages.

C6 - Synthèse : comparaison des différents procédés et choix de la gamme de réalisation finale, application à la matrice fixe.

Cette partie est à traiter sous forme d'une argumentation s'appuyant sur les résultats précédents, sans mener une étude complète.

Question C-17

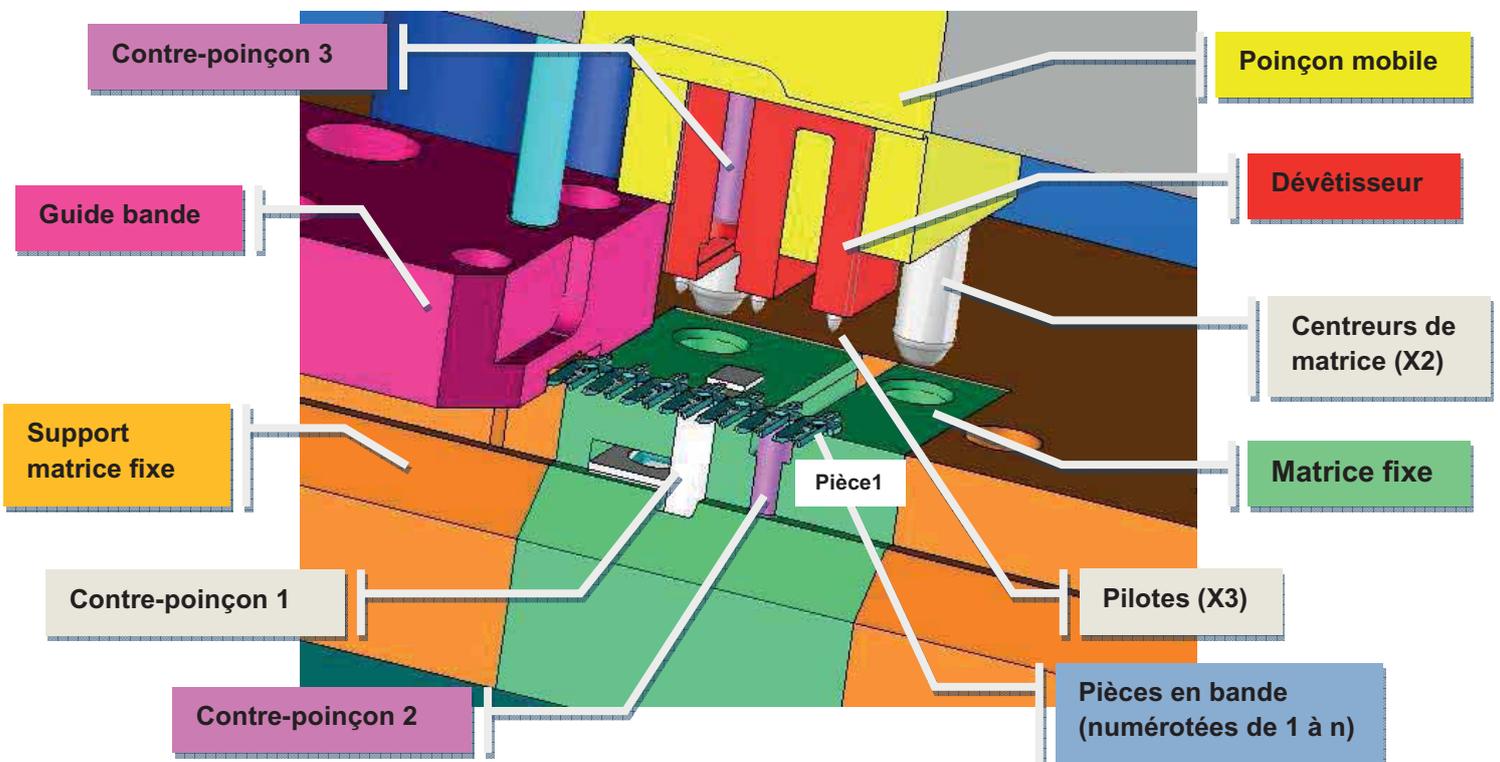
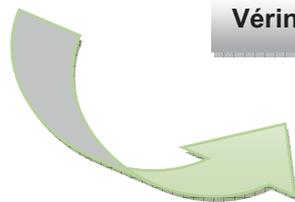
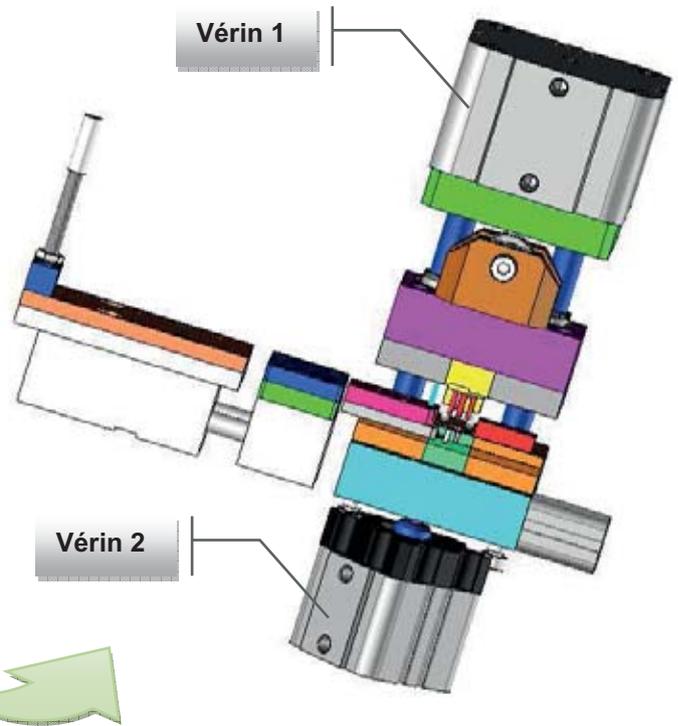
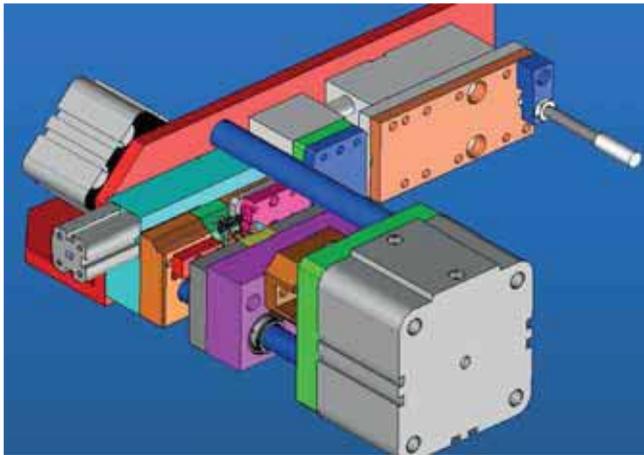
En utilisant les différents coûts de production calculés dans les questions précédentes, **déterminer et choisir** une combinaison de procédés assurant une des réalisations les moins coûteuses pour obtenir cette matrice fixe.

DOSSIER "TECHNIQUE"

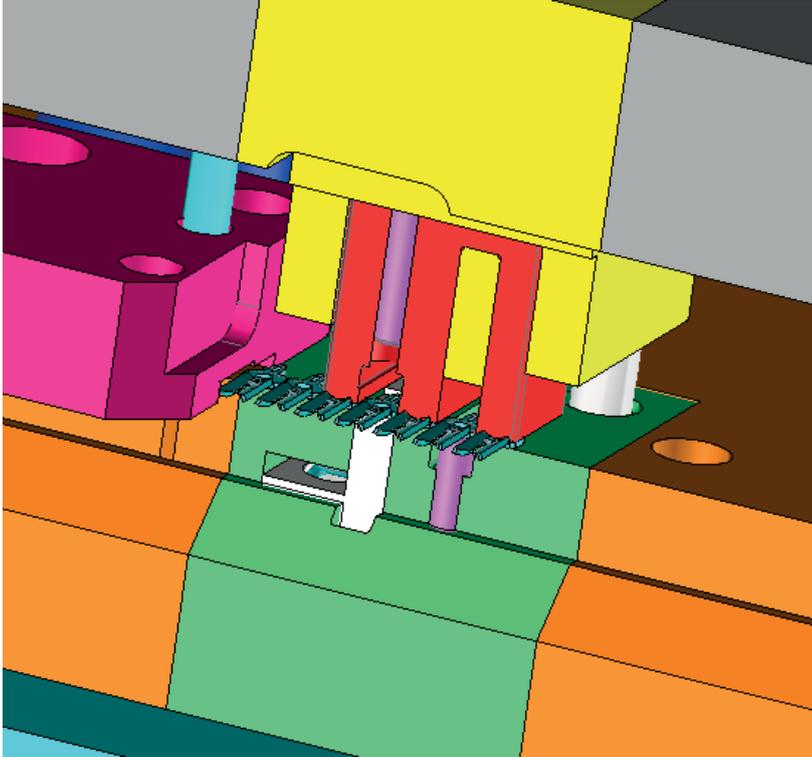
DOCUMENTS

REPERE	CONTENU	Format
DT-1	Dessin de définition des contacts auto-dénudants	1 A3 NB
DT-2	Nomenclature des Etapes de découpe	3 A4 Couleur
DT-3	Plan matrice fixe	1 A3 NB
DT-4	Eclaté et nomenclature de l'outil de découpe	1 A3 & 1 A4 NB
DT-5	Documentation Festo	1 A4 NB
DT-6	Rapport analyse matériaux	2A4 couleur

Phase de découpe et positionnement des contacts autodénudants :
Description des étapes.



Etape initiale : seuls les éléments indispensables à la compréhension de l'étude sont représentés.

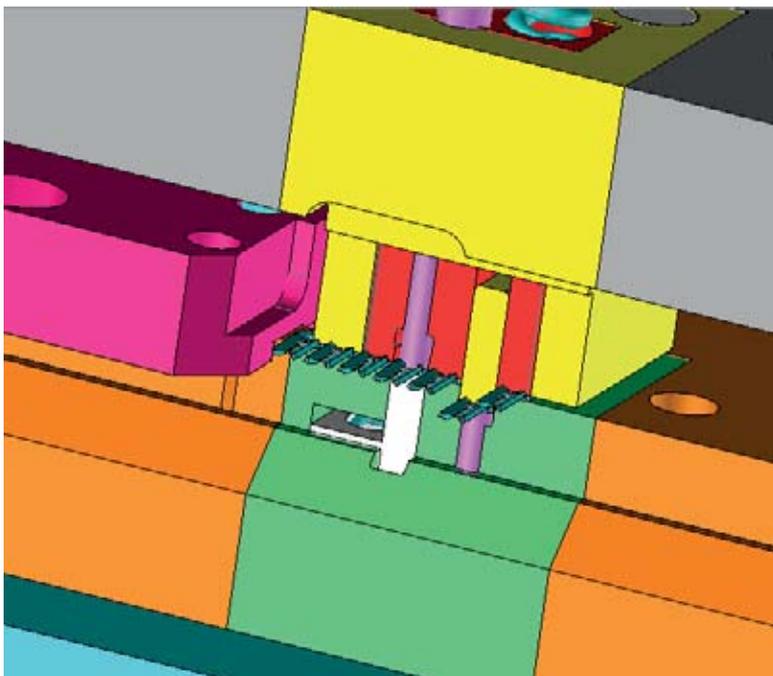


Etape N°1 : sous l'action du vérin N°1, descente de l'ensemble mobile (poinçon mobile, contre-poinçon 3, dévêtitseur, centreurs de matrice et pilotes).

Les centreurs de matrice pénètrent dans les alésages correspondants de la matrice fixe.

Les pilotes entrent en contact avec les alésages des pièces en vis-à-vis.

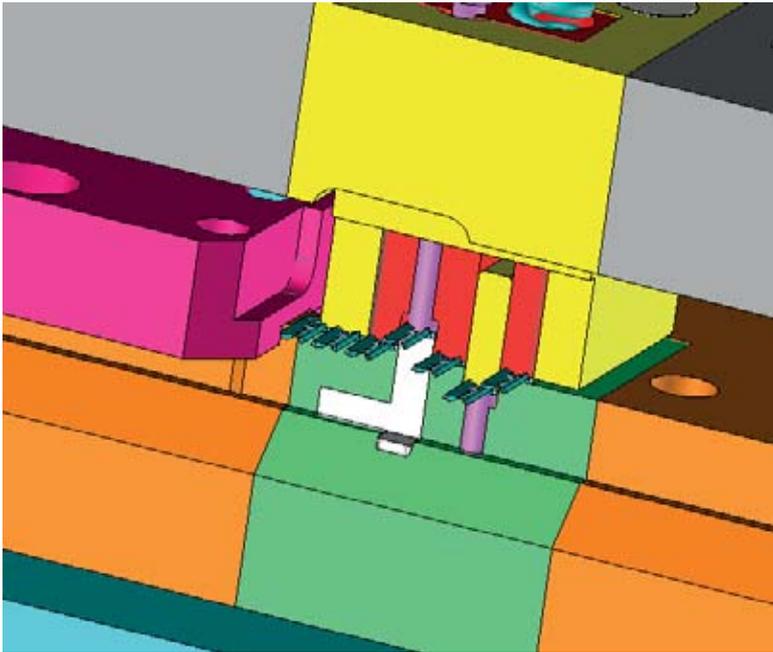
Le dévêtitseur plaque la bande contre la matrice fixe. (L'effort de serrage est limité par des ressorts non représentés ici).



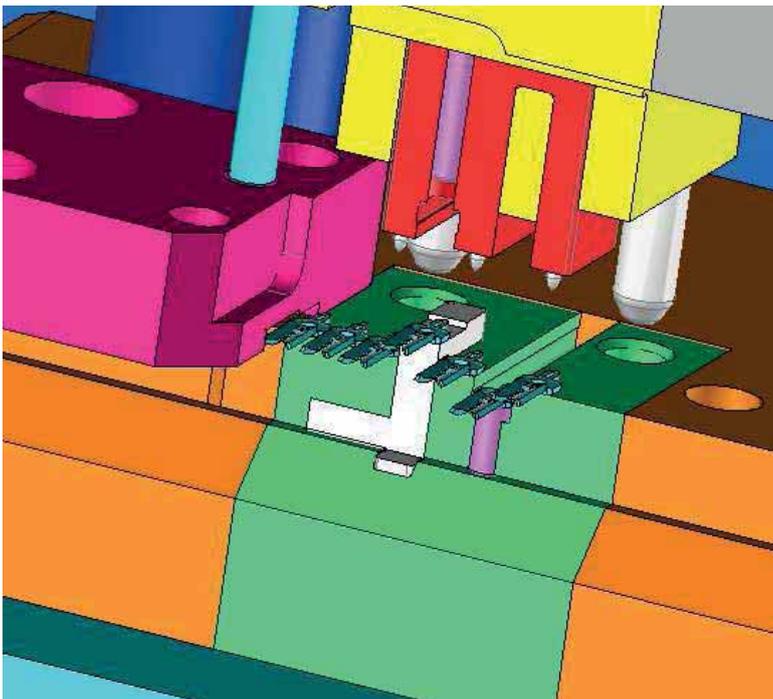
Etape N°2 : sous l'action du vérin N°1, découpage de la pièce N°2,

Plaquage de la pièce N°4 par le contre-poinçon N°3 sur le contre-poinçon N°1. (L'effort de serrage est limité par un ressort non représenté ici).

Plaquage de la pièce N°6 par le poinçon mobile contre la matrice fixe.



Etape N°3 : sous l'action du vérin N°2, découpage de la pièce N°4



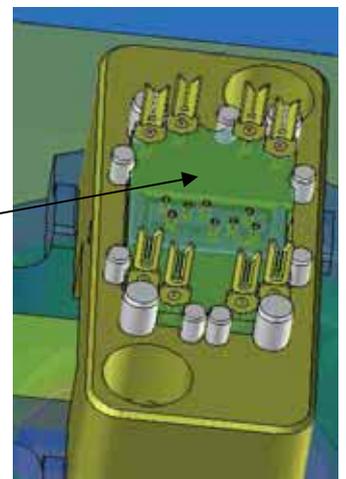
Etape N°4 : à la fin de l'étape N°3, un préhenseur, non visible ici, vient maintenir dans leur position les pièces N°1 à 4 par serrage sur les pattes extérieure.

Sous l'action du vérin N°1, l'ensemble mobile remonte.

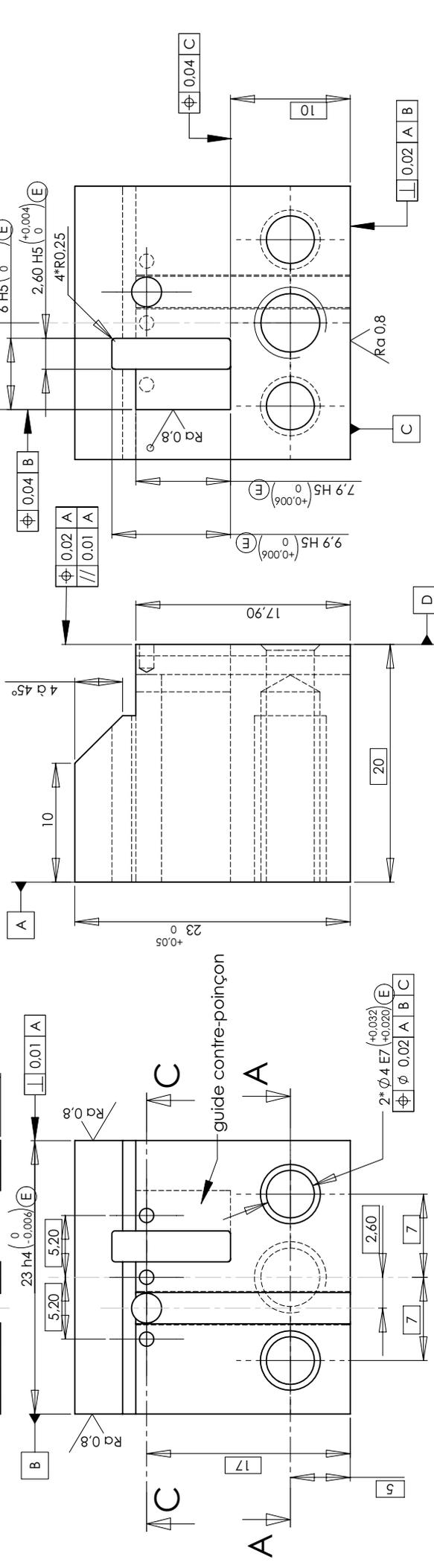
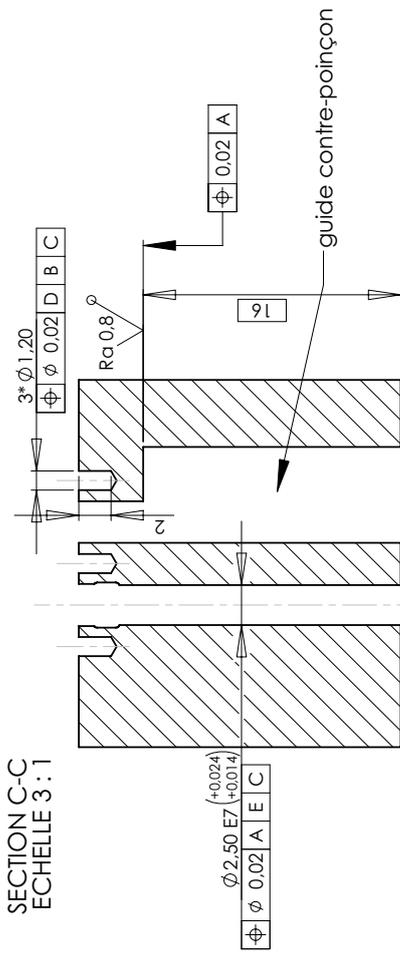
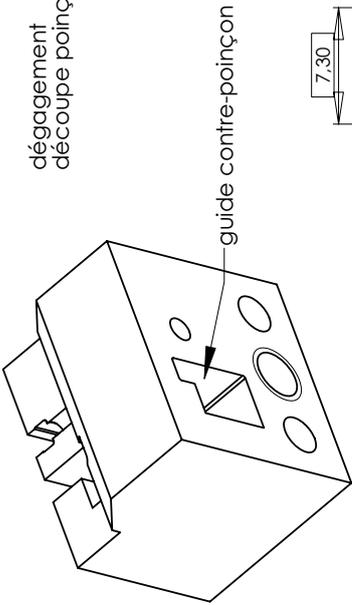
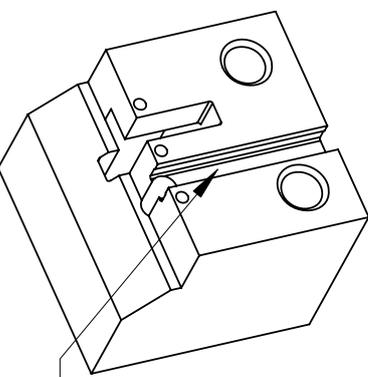
Le préhenseur évacue alors le lot des pièces 1 à 4, qui sont ainsi pré-positionnées et prêtes à être utilisées au poste suivant de la machine transfert (assemblage sur platine).

Sous l'action du vérin N°2, les contre-poinçons 1 et 2 se positionnent au niveau de la face de la matrice fixe.

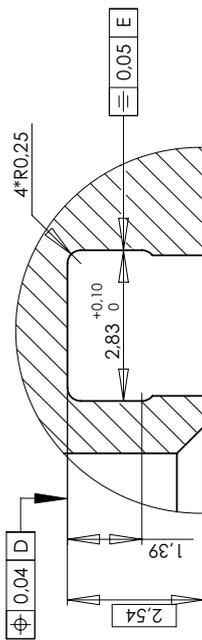
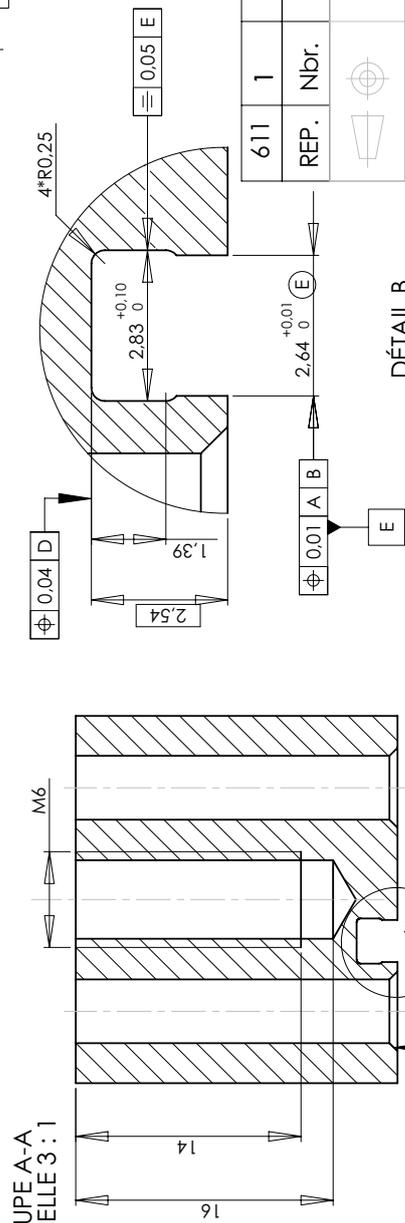
Le mécanisme d'avance automatique de bande positionne alors la pièce N°5 en position N°1. Le système se retrouve alors à l'étape initiale.



SECTION C-C
ECHELLE 3:1



COUPE A-A
ECHELLE 3:1



Ra 3.2 (Ra 0.8)

611	1	MATRICE FIXE 611	X130 W Mo Cr V 6-5-4-3	traitement thermique 64HRC	Observations
REP.	Nbr.	Désignation	Matière		
OUTIL DE DECOUPE 600					
Agrégation externe de génie mécanique					
TOLERANCES GENERALES : ISO 2768 m K					

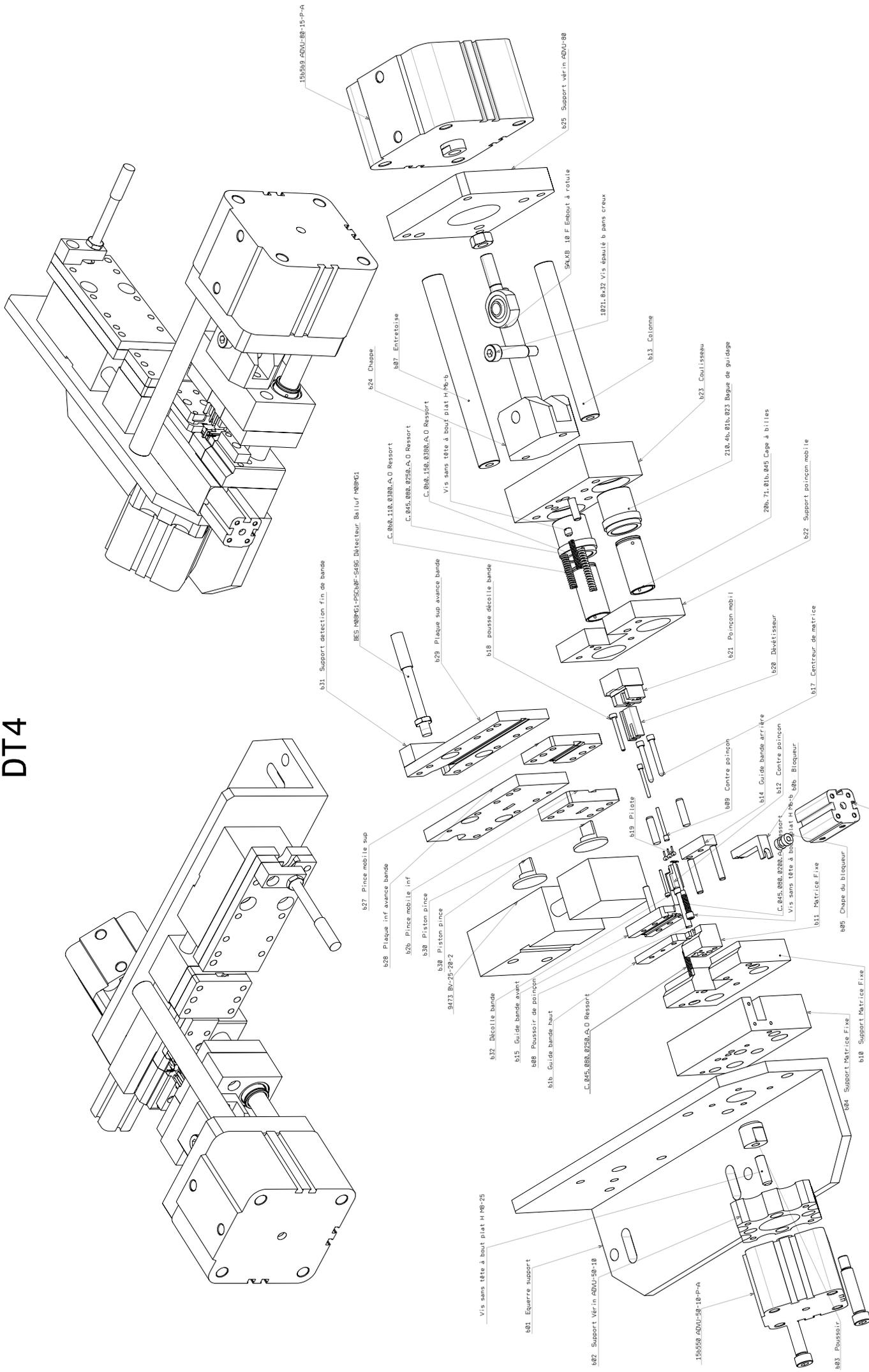
Fichier :
MatriceFIXE611

DÉTAIL B
ECHELLE 10:1

DT3

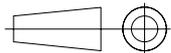
2 chanfreins de 0.5 à 45°

DT4



DT4

632	-	Décolle bande	1	-	-	-	-
631	-	Support detection fin de bande	1	7075	-	-	-
630	-	Piston pince	2	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
629	-	Plaque sup avance bande	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
628	-	Plaque inf avance bande	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
627	-	Pince mobile sup	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
626	-	Pince mobile inf	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
625	-	Support vérin ADVU-80	1	7075	-	-	-
624	-	Chappe	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
623	-	Coulisseau	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
622	-	Support poinçon mobile	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
621	-	Poinçon mobile	1	-	-	-	-
620	-	Dévétisseur	1	-	-	-	-
619	-	Pilote	3	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
618	-	pousse décolle bande	1	-	-	-	-
617	-	Centreur de matrice	2	-	-	-	-
616	-	Guide bande haut	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
615	-	Guide bande avant	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
614	-	Guide bande arrière	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
613	-	Colonne	2	Arbre traité	-	-	-
612	-	Contre poinçon	1	-	-	-	-
611	-	Matrice Fixe	1	-	-	-	-
610	-	Support Matrice Fixe	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
609	-	Contre poinçon	3	-	-	-	-
608	-	Poussoir de poinçon	1	-	-	-	-
607	-	Entretoise	1	STUBS	BRUNISSAGE	-	-
606	-	Bloqueur	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
605	-	Chape du bloqueur	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
604	-	Support Matrice Fixe	1	40CMD8	BRUNISSAGE	-	-
603	-	Poussoir	1	Z155CVD12.1	-	TREMPE 55HRc	-
602	-	Support Vérin ADVU-50-10	1	7075	-	-	-
601	-	Equerre support	1	XC48	BRUNISSAGE	-	-
-	SALKB 10 F	Embout à rotule	1	XC48	-	-	SKF
-	ISO 4762 M6-35	Vis CHC M6-35	1	-	-	-	Bossard
-	C. 060.150.0380	Ressort	1	-	-	-	Vanel
-	C. 060.110.0300	Ressort	1	-	-	-	Vanel
-	C. 045.080.0250	Ressort	2	-	-	-	Vanel
-	C. 045.080.0200	Ressort	1	-	-	-	Vanel
-	C. 036.080.0167	Ressort	1	XC48	-	-	Vanel
-	BES M08MG1	Détecteur Balluf M08MG1	1	-	-	-	Balluf
-	9473	BV-25-20-2	1	XC48	-	-	Festo
-	210.46.016.023	Bague de guidage	2	XC48	-	-	Fibro
-	206.71.016.045	Cage à billes	2	XC48	-	-	Fibro
-	1B841G	Goupille cylindrique Type A6x24	2	-	-	-	Rabour.
-	1B831K	Goupille cylindrique Type A5x30	4	-	-	-	Rabour.
-	156569	ADVU-80-15-P-A	1	XC48	-	-	Festo
-	156550	ADVU-50-10-P-A	1	XC48	-	-	Festo
-	156507	ADVU-16-5-P-A	1	XC48	-	-	Festo
-	1021.8x40	Vis épaulée 6 pans creux	2	-	-	-	Rabour.
-	1021.8x32	Vis épaulée 6 pans creux	1	-	-	-	Rabour.
-	-	Vis sans tête H M8-25	1	-	-	-	-
-	-	Vis sans tête H M6-6	2	-	-	-	-
-	-	Ecrou H style code	1	-	-	-	-
-	-	AG00646_A	1	XC48	-	-	-

REF	REF NORMALISEE	DESIGNATION	NB	MATIERE	TR_SURF	TTH	FAB
Outil de découpe		Nomenclature	DT		Agrégation externe de génie mécanique		

Vérins compacts ADVU

FESTO

Fiche de données techniques – Vérin à double effet, type de base

Vérins à tige de piston
Vérins compacts

2.1

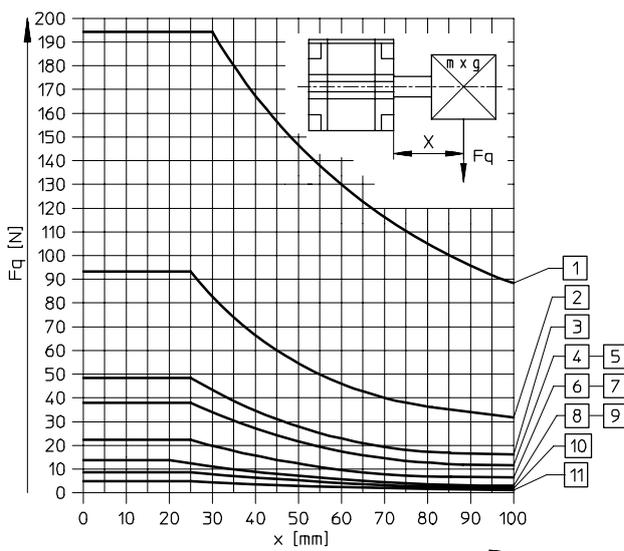
Force [N] et énergie d'impact [J]												
Piston∅		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Poussée théorique sous 6 bars, avance	S2/S20	68	121	188	295	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
Poussée théorique sous 6 bars, recul	S2/S20	51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 418	6 881
Energie d'impact max. aux fins de course	S20	0,09	0,10	0,14	0,10	0,40	0,52	0,64	0,70	0,75	1,00	4,00
		0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,40



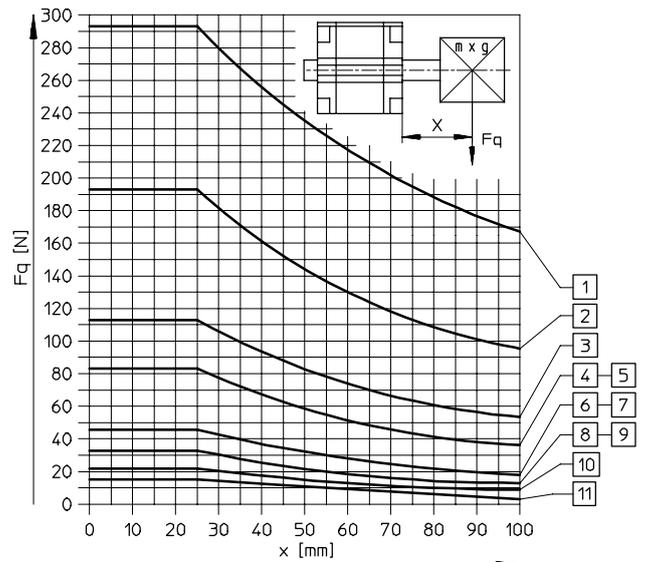
Dimensionnement pneumatique avec Pro Pneu
www.festo.com/fr/engineering

Force radiale Fq max. en fonction du porte-à-faux x

Tige de piston simple



Tige de piston traversante



- 1 ∅ 125 mm
- 2 ∅ 100 mm
- 3 ∅ 80 mm
- 4 ∅ 63 mm

- 5 ∅ 50 mm
- 6 ∅ 40 mm
- 7 ∅ 32 mm
- 8 ∅ 25 mm

- 9 ∅ 20 mm
- 10 ∅ 16 mm
- 11 ∅ 12 mm

Poids [g]												
Piston∅		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Poids du produit pour 0 mm de course		87	89	149	180	300	433	560	617	1 772	2 797	3 426
Poids additionnel par 10 mm de course		15	15	23	28	40	59	72	107	168	177	168
Masse déplacée pour 0 mm de course		8	12	20	26	49	63	112	134	307	614	1 317
Masse additionnelle par 10 mm de course		2	4	6	6	9	9	16	16	25	38	63

LABORATOIRE DES MATERIAUX

RAPPORT D'ANALYSE–MATRICE DE DECOUPE– CARACTERISATION ACIER

1. CONTEXTE

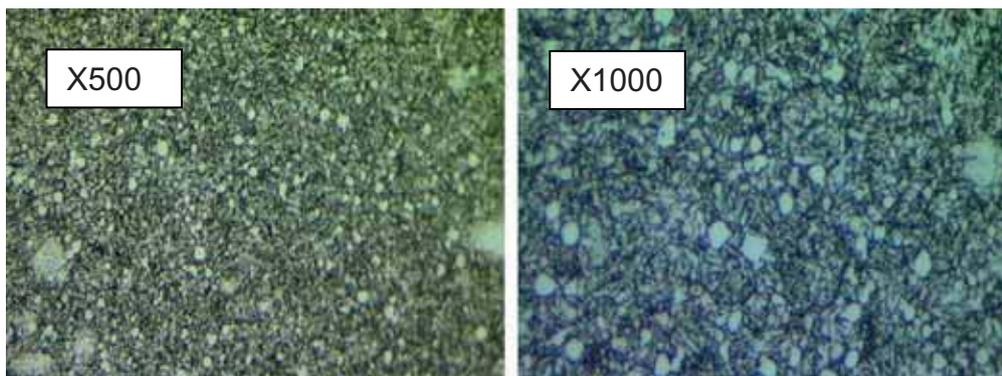
Vous avez fait réaliser une matrice référence XXXXX chez XXXX. La nuance de l'acier demandée sur le dessin de cette pièce est : X130WMoCrV6543 (Vanadis 23 Uddeholm), acier élaboré par la métallurgie des poudres. Cette matrice est traitée thermiquement pour obtenir une dureté de 64HRC.

Nous avons quantifié les éléments d'addition à l'aide de notre MEB. Nous avons aussi observé la surface rectifiée et les arêtes actives de cette matrice et mesurer les duretés sur différentes zones.

2. QUANTIFICATION DES ELEMENTS D'ALLIAGE

La quantification des éléments d'alliage a été réalisée à l'aide du M.E.B. Philips XL30 CP équipé d'une sonde RX OXFORD. Les Valeurs du tableau ci-dessous sont exprimées en % d'élément

	Teneurs du X130WMoCrV6543 selon Uddeholm	Teneurs mesurées
C	1,28	1,27
S	0,03 maxi	0,02
Si	0,70 maxi	0,65
V	3,10	3,10
Cr	4,20	4,00
Mn	0,40 maxi	0,30
Mo	5,00	5,10
W	6,40	6,35

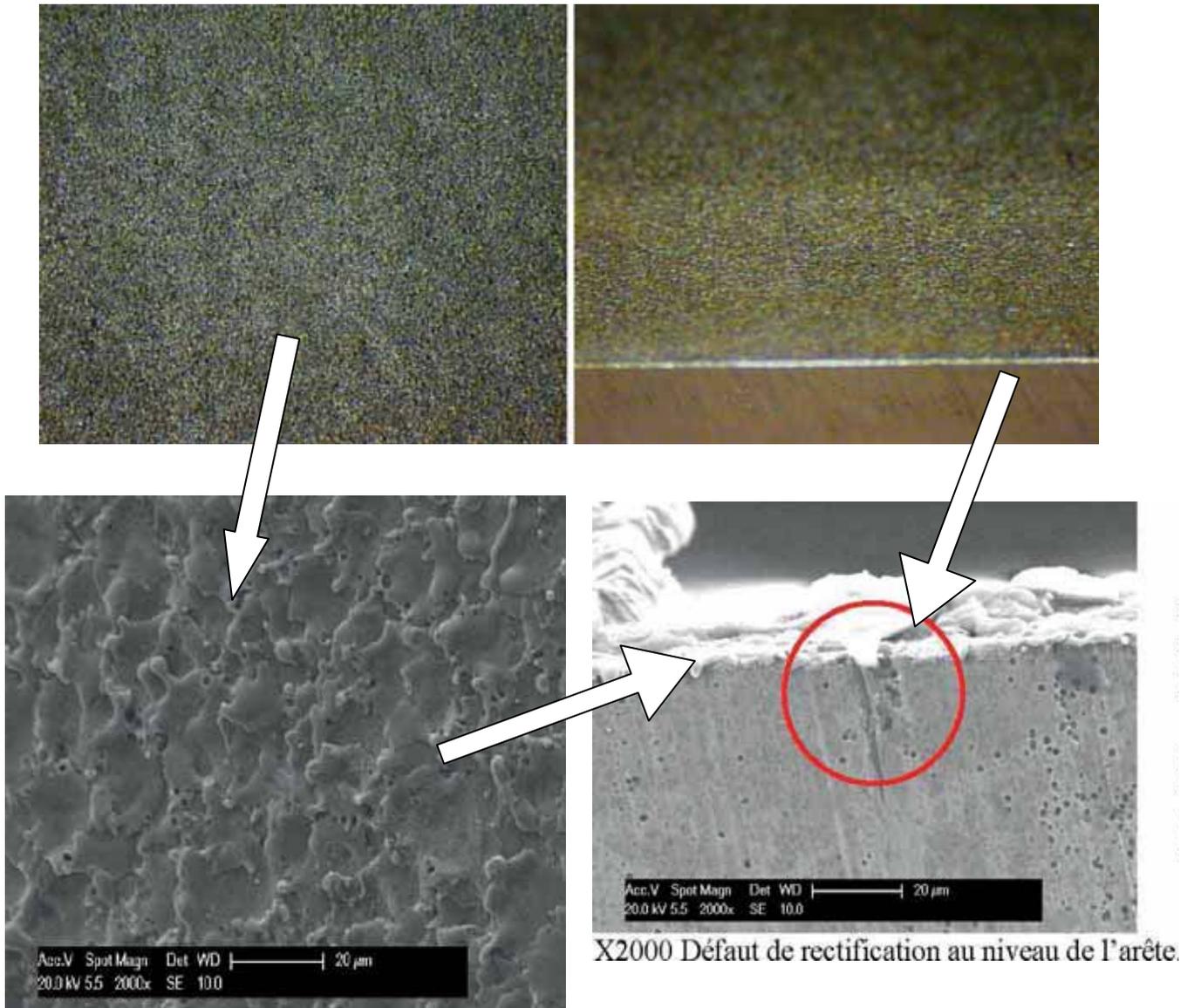


L'observation de la structure de cette matrice nous renseigne sur deux points :

- La présence de carbures sphériques répartis de façon très homogène dans l'acier nous permet d'affirmer que c'est un acier élaboré par la métallurgie des poudres.
- La structure de cet acier est une structure martensitique.

3. OBSERVATION DES ARETES DE DECOUPE

Les formes de cette matrice ont été réalisées par usinage en électro érosion fil. Nous avons donc observé son impact sur les arêtes actives de la matrice ; Nous avons comparé visuellement l'état de surface de la périphérie de la matrice et des formes dans la matrice, les deux semblent identiques (photos ci-dessous) :



L'observation au M.E.B fait apparaître des défauts rectilignes sur les surfaces rectifiées qui débouchent sur les arêtes actives des formes. Après contrôle, ces surfaces présentent des duretés comprises entre 64 et 65 HRC, ce qui est conforme aux valeurs demandées.

Sur les surfaces générées par électro-érosion, on observe la présence d'une couche blanche de matière dont l'épaisseur est variable. Ces surfaces présentent une dureté de 70 HRC.

DOSSIER "RESSOURCES"

DOCUMENTS

REPERE	CONTENU	FORMAT
DRS-A1	Profil environnemental prise RJ45	1 A4 NB
DRS-A2	Table ISO 2849	1 A4 NB
DRS-B1	Caractéristiques Vanadis 23	3 A4 NB
DRS-C1	Conditions de découpe au fil	2 A4 NB
DRS-C2	Paramètres électroérosion	2 A4 Couleur
DRS-C3	Outils et conditions de coupe UGV	4 A4 NB

TABLES NORME ISO 2849

Table 1 : Détermination de la lettre code

Effectif du lot	Niveaux de contrôle spéciaux				Niveaux de contrôle pour usages généraux		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 à 8	A	A	A	A	A	A	B
9 à 15	A	A	A	A	A	B	C
16 à 25	A	A	B	B	B	C	D
26 à 50	A	B	B	C	C	D	E
51 à 90	B	B	C	C	C	E	F
91 à 150	B	B	C	D	D	F	G
151 à 280	B	C	D	E	E	G	H
281 à 500	B	C	D	E	F	H	J
501 à 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 à 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 à 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 à 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 à 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 à 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 et au-dessus	D	E	H	K	N	Q	R

Table IIa – Plan d'échantillonnage simple en contrôle normal

Lettre code	Effectif de l'échantillon	Niveau de qualité acceptable																										
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000	
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
B	3															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
C	5															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
D	8															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
E	13															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
F	20															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
G	32															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
H	50															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
J	80															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
K	125															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
L	200															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
M	315															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
N	500															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
P	800															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
Q	1250															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	
R	2000															0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	

Ac = Critère d'acceptation

Re = Critère de rejet

↓ = Utiliser le premier plan d'échantillonnage figurant sous la flèche. Si l'effectif de l'échantillon est égal ou supérieur à l'effectif du lot, effectuer un contrôle à 100%.

↑ = Utiliser le premier plan d'échantillonnage figurant au-dessus de la flèche.

Propriétés

Propriétés physiques

Trempé et revenu.

Température	20°C	400°C	600°C
Densité kg/m ³	7980	7870	7805
Module d'élasticité MPa	230 000	205 000	184 000
Coefficient de dilata- tion thermique par °C partir 20°C	–	12,1 × 10 ⁻⁶	12,7 × 10 ⁻⁶
Conductibilité thermique W/m · °C	24	28	27
Chaleur spécifique J/kg · °C	420	510	600

Test de pliage et de déformation

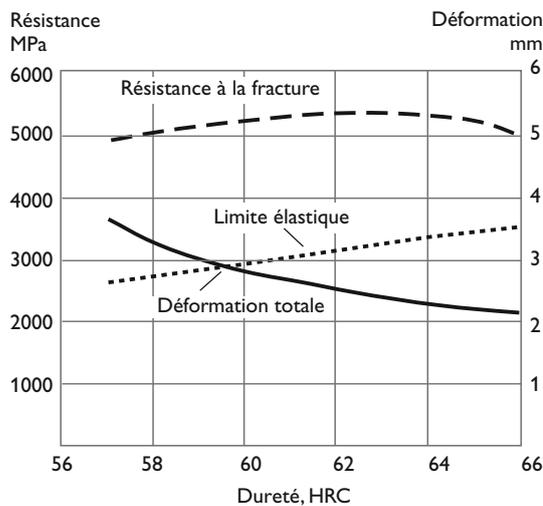
Test à quatre points de contact.

Spécimen : dia 5 mm.

Charge : 5 mm/mn.

Austénitisation : 990–1180°C.

Revenus : 3 x 1 h à 560°C.

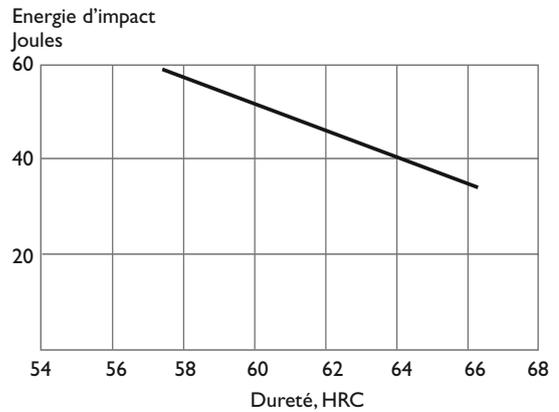


Résilience

Résilience approximative à température ambiante en fonction des différentes duretés.

Spécimen : 7 x 10 x 55 mm sans entaille.

Revenu : 3 x 1 h à 560°C.



Poinçons réalisés par LN's Mekaniska Verkstads AB en Suède. Uddeholm Vanadis 23 est une nuance parfaite pour ce type d'application.

Outillage de découpe pour emballages alimentaires.

Traitement thermique

Recuit doux

Protéger l'acier contre la décarburation et chauffer à coeur à 850–900°C. Ensuite refroidissement lent dans le four à raison de 10°C par heure jusqu'à 700°C, ensuite à l'air libre.

Recuit de détente

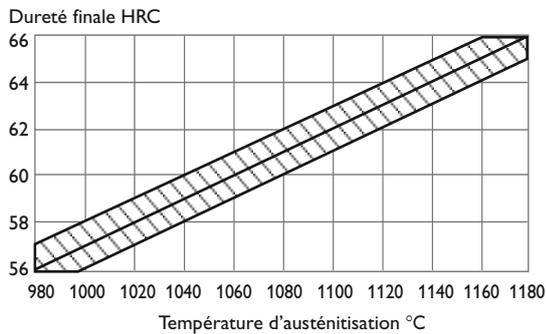
Après ébauche, l'outillage sera chauffé à 600–700°C. Durée à température : 2 heures. Refroidir lentement jusqu'à 500°C, ensuite à l'air libre.

Trempe

Température de préchauffe : 450–500°C ensuite 850–900°C.

Température d'austénitisation : 1050–1180°C en fonction de la dureté finale désirée, voir diagramme ci-dessous.

En cours de trempe, protégez les pièces de la décarburation et de l'oxydation.

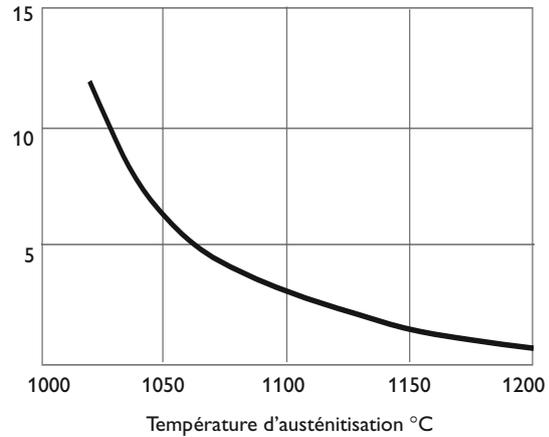


Dureté après différentes températures de trempe et 3 revenus d'une heure à 560°C.

HRC	°C
58	1020
60	1060
62	1100
64	1140
66	1180

DUREE A TEMPERATURE RECOMMANDE EN BAIN FLUIDISANT, FOUR SOUS VIDE OU FOUR A ATMOSPHERE CONTRÔLEE

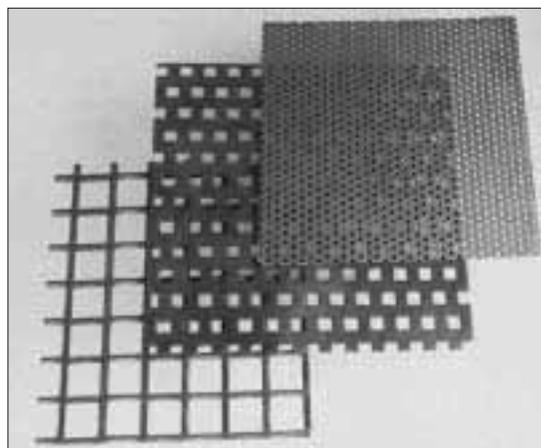
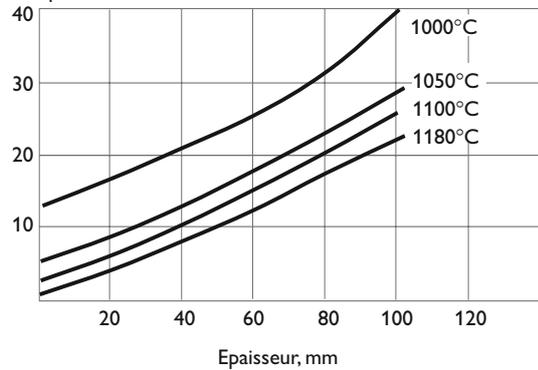
Durée à temp., mn



N.B. : Durée à température = durée pour atteindre le coeur de la matière.

TEMPS DE MAINTIEN A TEMPERATURE EN BAIN DE SEL APRES PRECHAUFFE A 450°C ET ENSUITE A 850°C.

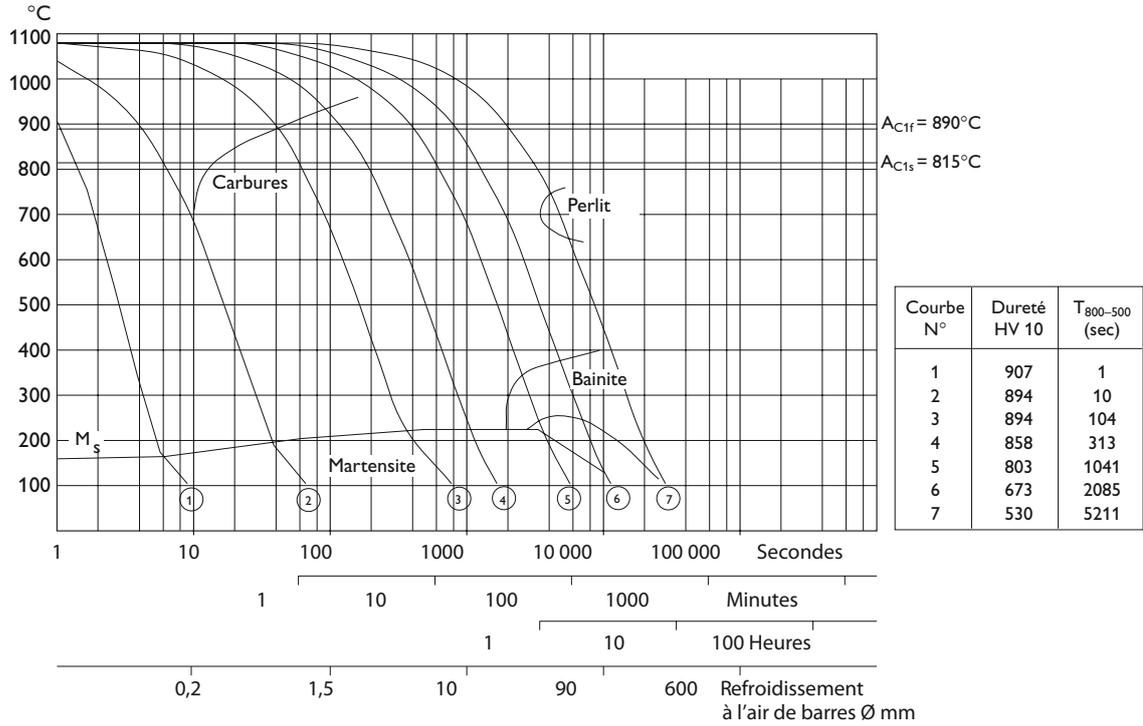
Temps total, mn.



Tôle perforée.

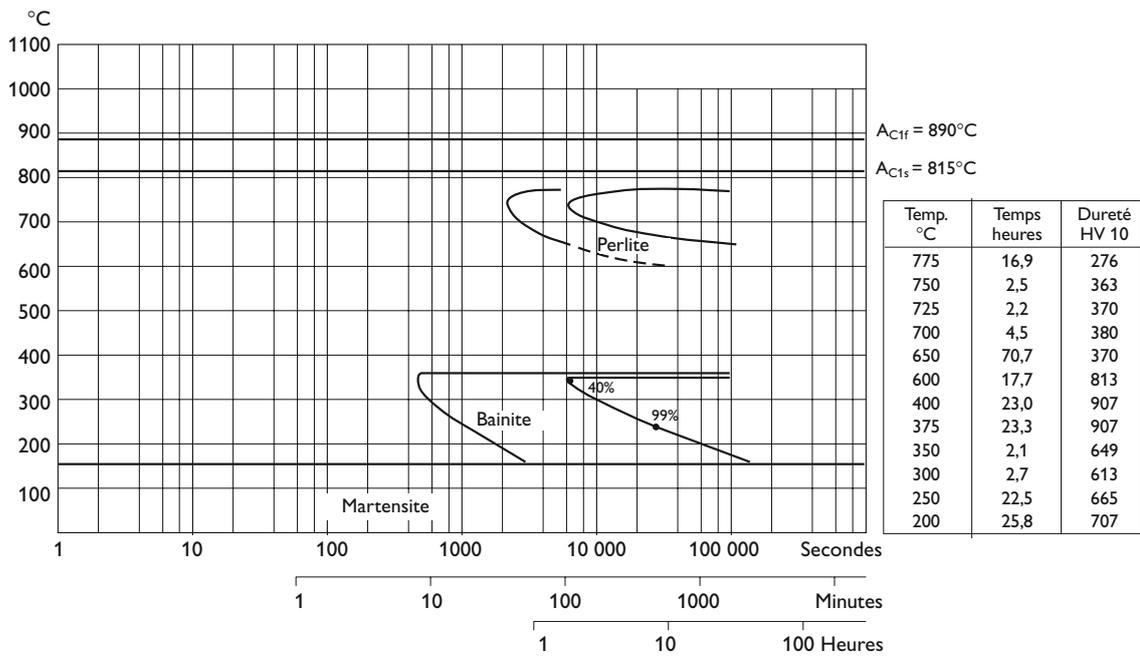
COURBES CCT

Température d'austénitisation : 1080°C. Durée à température : 30 minutes



COURBES TTT

Température d'austénitisation : 1080°C. Durée à température : 30 minutes.



Diamètre fil : 0.25mm Matériau : Acier Epaisseur pièce : 20 mm Fluide : Eau-1_33 Nombre de passes possibles : 4
 Formes : Poinçon – Matrice Angle de dépouille : 0,0020°

Pass	Prog	Machine : « AQ series » LNW / LQW																Vitesse mm/min	EP	ES	W
		Paramètres machine																			
		ON	OFF	IP	HRP	MAO	SV	V	SF	C	PIK	CTRL	WK	WT	WS	WP					
App	0000	012	013	2215	000	240	040	8	0080	0	000	0000	025	160	080	045	-	-	-	W	
1	001	012	013	3215	000	344	018	8	0112	0	000	0000	025	160	130	063	7,15	28	17,5	W	
2	002	002	023	2215	000	750	048	8	6080	0	000	0000	025	160	130	012	9,05	50	-	W	
3	903	000	001	1015	000	000	030	7	7050	0	008	0000	025	160	130	012	6,90	-	-	W	
4	904	000	001	1015	000	000	018	2	7060	0	009	0000	025	160	130	012	5,85	-	-	W	

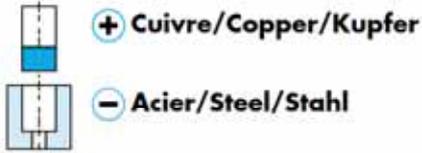
Décalage fil pour chaque passe et état de surface			
	1	2	3
Nombre de passes			4
	0,159	0,197	0,213
	/	0,132	0,148
	/	/	0,133
	/	/	/
Etat de surface obtenu Ra (µm)	3,2	2,65	0,61
			0,32

Diamètre fil : 0.25mm Matériau : Acier Epaisseur pièce : 30mm Fluide : Eau-1_33 Nombre de passes possibles : 4
 Formes : Poinçon – Matrice Angle de dépouille : 0,0020°

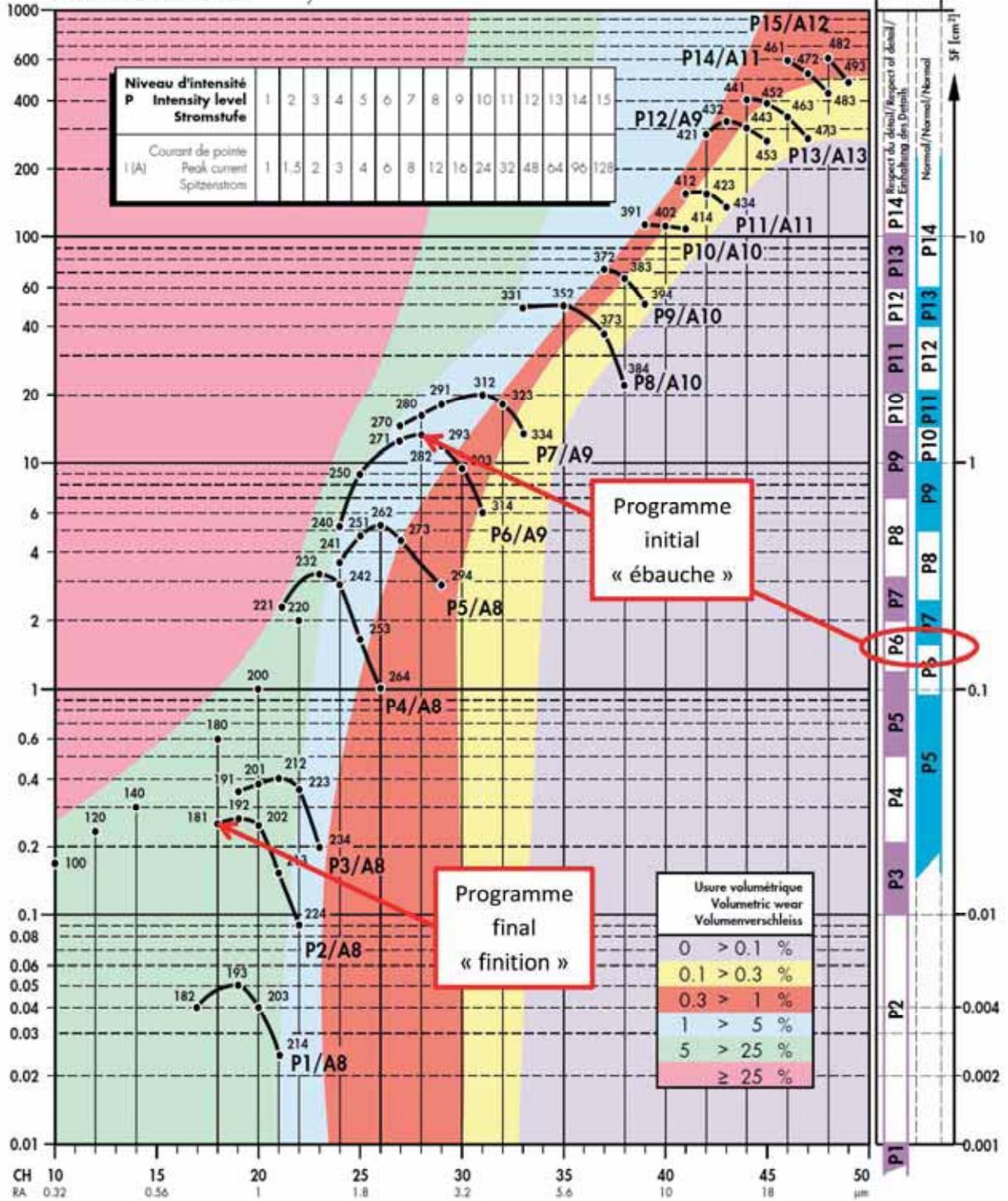
Pass	Prog	Machine : « AQ series » LNW / LQW																Vitesse	EP	ES	W
		Paramètres machine																			
		ON	OFF	IP	HRP	MAO	SV	V	SF	C	PIK	CTRL	WK	WT	WS	WP					
App	0000	012	013	2215	000	240	040	8	0070	0	000	0000	025	160	080	045	-	-	-	W	
1	001	012	013	3215	000	344	018	8	0094	0	000	0000	025	160	130	063	5,75	27	19,5	W	
2	002	002	023	2215	000	750	048	8	6050	0	000	0000	025	160	130	012	5,05	50	-	W	
3	903	000	001	1015	000	000	030	7	7050	0	008	0000	025	160	130	012	6,60	-	-	W	
4	904	000	001	1015	000	000	018	2	7060	0	009	0000	025	160	130	012	5,65	-	-	W	

Décalage fil pour chaque passe et état de surface			
	1	2	3
Nombre de passes			4
	0,163	0,2	0,217
	/	0,135	0,152
	/	/	0,132
	/	/	/
Etat de surface obtenu Ra (µm)	3,2	2,65	0,61
			0,32

COURBES DE TECHNOLOGIE

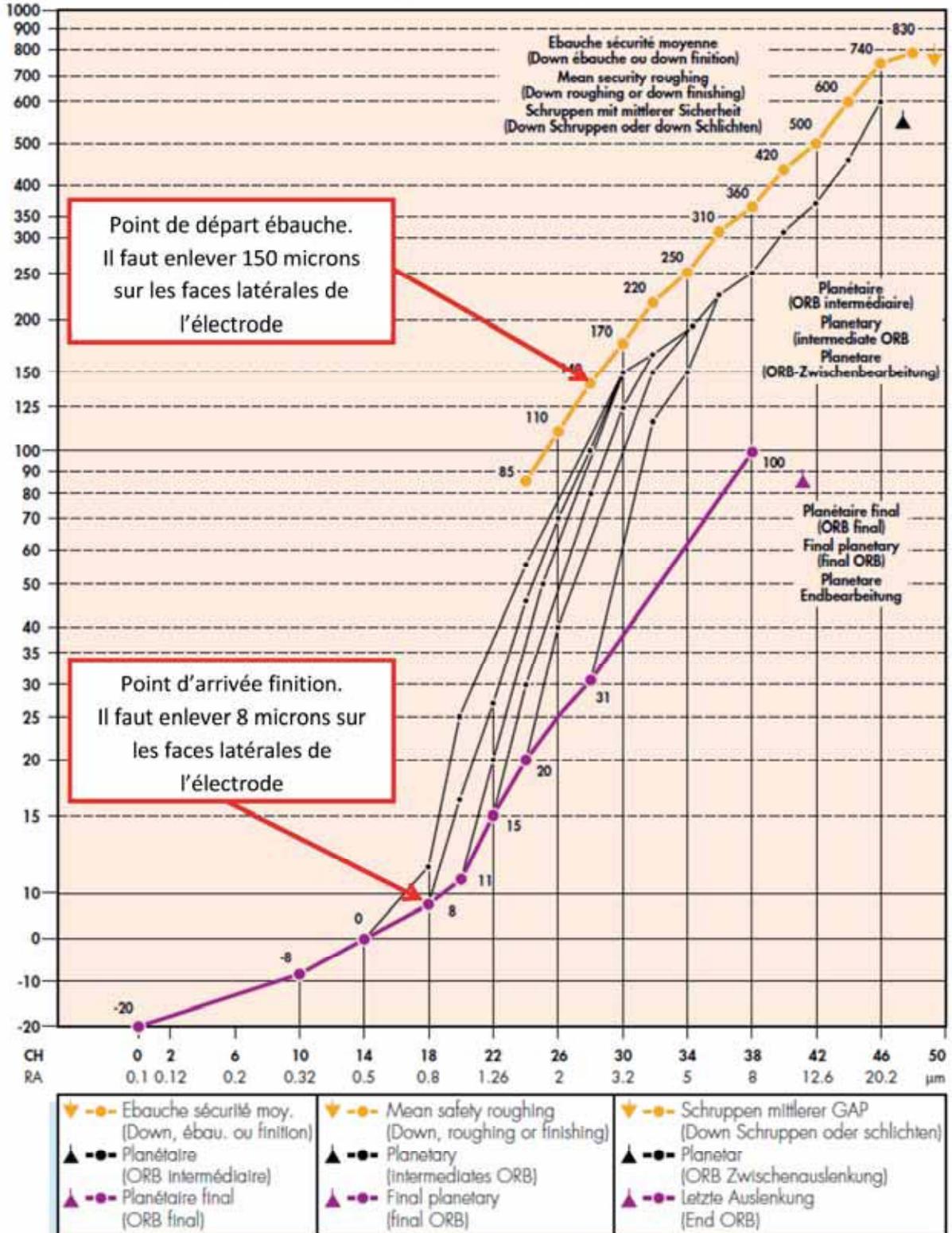


Enlèvement de matière (arrosage intérieur)
Material removal rate (internal flushing) } mm³/min
Material Abtrag (interne Spülung)



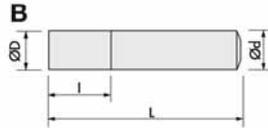
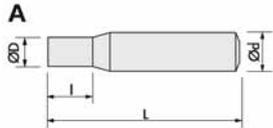
Choix des sous-dimensions (radiales) Usinage planétaire, arrosage latéral en ébauche
 Selection of undersize (radial) Planetary machining, lateral flushing by roughing
 Wahl der Untermasse (radial) Planetare Bearbeitung, laterale Spülung beim Schruppen

Sous-dimensions en microns (µm)/Undersize or in microns (µm)/Untermasse oder in Mikron (µm)



EPP-TH | Epoch TH Power Mill

Q max
High Efficient
▽
Roughing
▽▽
Semi-Finishing
▽▽▽
Finishing
HRC
70
No. of Teeth
4



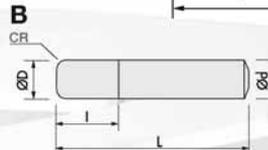
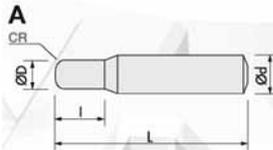
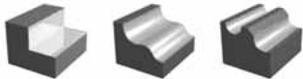
Carbide
Micro Grain
TH45+
Nano-PVD Coating



D 3 – 6	0 / -0.015
D 8 – 12	0 / -0.02
ød	h6

ID Code	Item Code	Z	ØD	l	L	d	Type
EP001	EPP-4030-TH	4	3	8	60	6	A
EP002	EPP-4040-TH		4	11			
EP266	EPP-4050-TH		5	13			
EP564	EPP-4060-TH		6	13			
EP581	EPP-4080-TH		8	19	75	8	B
EP656	EPP-4100-TH		10	22	80	10	
EP657	EPP-4120-TH		12	26	100	12	

Q max
High Efficient
▽
Roughing
▽▽
Semi-Finishing
▽▽▽
Finishing
HRC
70
No. of Teeth
4



Carbide
Micro Grain
TH45+
Nano-PVD Coating



CR	± 0.015
D 3 – 6	0 / -0.015
D 8 – 12	0 / -0.02
ød	h6

ID Code	Item Code	Z	ØD	CR	l	L	d	Type			
EP658	EPP-4030-02-TH	4	3	0.2	8	60	6	A			
EP659	EPP-4030-05-TH			0.5							
EP660	EPP-4040-02-TH		4	0.2	11						
EP661	EPP-4040-05-TH			0.5							
EP662	EPP-4050-02-TH		5	0.2	13						
EP663	EPP-4050-05-TH			0.5							
EP664	EPP-4060-03-TH		6	0.3	19				75	8	B
EP665	EPP-4060-05-TH			0.5							
EP666	EPP-4060-10-TH		1.0								
EP667	EPP-4080-03-TH		0.3								
EP668	EPP-4080-05-TH		0.5								
EP669	EPP-4080-10-TH		1.0								
EP670	EPP-4100-05-TH		10	0.5		22	80	10			
EP671	EPP-4100-10-TH			1.0							
EP672	EPP-4100-20-TH		2.0								
EP673	EPP-4120-05-TH		12	0.5	26	100	12				
EP674	EPP-4120-10-TH	1.0									
EP675	EPP-4120-20-TH	2.0									

EPP-TH | Epoch TH Power Mill | Recommended Cutting Conditions

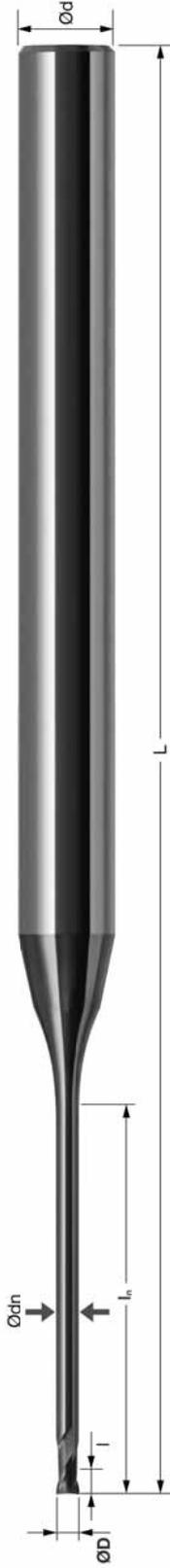
Material	ØD3		ØD4		ØD5		ØD6		ØD8		ØD10		ØD12	
	EPP-CR-TH Side milling	EPP-OR-TH Slotting 20/2D HSC												
	V _c (m/min)	f _r (mm/tooth)												
I Construction Steel Carbon Steels Alloy Steels (~20H)	V _c (m/min)	195	105	96	330	195	105	96	330	195	105	96	330	195
	f _r (mm/tooth)	20,700	11,100	10,200	35,000	12,400	6,700	6,100	21,000	10,300	5,600	5,100	17,500	7,800
	V _c (m/min)	0.035	0.025	0.025	0.100	0.065	0.050	0.050	0.170	0.090	0.080	0.080	0.320	0.120
	f _r (mm/min)	2,900	1,110	1,020	14,000	3,100	1,180	1,060	14,200	3,300	1,340	1,220	16,800	3,280
II Alloy Steels Case Hardened Steels Heat Treatable Steels (200-300HB)	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.2-0.5	0.4	2	4	0.2-0.5	0.6	3	6	0.2-0.5	1.2
	f _r (mm/tooth)	155	90	84	260	155	90	84	260	155	90	84	260	155
	V _c (m/min)	16,400	9,500	8,900	27,600	12,300	7,200	6,700	20,700	9,900	5,700	5,300	16,600	8,200
	f _r (mm/tooth)	0.030	0.020	0.020	0.090	0.040	0.030	0.030	0.120	0.055	0.040	0.040	0.150	0.070
III Alloy Steels (30-43HRC)	V _c (m/min)	1,970	760	710	9,940	1,970	890	830	9,940	2,300	960	900	11,590	2,360
	f _r (mm/tooth)	0.5	3	3	0.2-0.5	0.4	2	4	0.2-0.5	0.6	3	6	0.2-0.5	1.2
	V _c (m/min)	117	52	48	200	117	52	48	200	117	52	48	200	117
	f _r (mm/tooth)	12,400	5,500	5,100	21,200	9,300	4,100	3,800	15,900	7,400	3,300	3,100	12,700	6,200
IV Tool Steels (Hotchill) Hardened Steels (45-55HRC)	V _c (m/min)	1,040	330	310	5,090	1,040	410	380	5,090	1,120	430	380	5,090	1,120
	f _r (mm/tooth)	0.45	1.5	1.5	0.1-0.3	0.2	2	2	0.1-0.3	0.3	3	3	0.1-0.3	0.3
	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.1-0.3	0.4	2	4	0.1-0.3	0.6	3	6	0.1-0.3	0.6
	f _r (mm/min)	90	35	40	170	90	35	40	170	90	35	40	170	90
V Hardened Steels (55-70HRC)	V _c (m/min)	9,500	3,700	4,200	18,000	7,200	2,800	3,200	13,500	4,800	1,900	2,100	9,000	3,600
	f _r (mm/tooth)	0.015	0.013	0.013	0.043	0.020	0.018	0.018	0.064	0.025	0.025	0.025	0.077	0.030
	V _c (m/min)	570	190	220	3,100	580	200	230	3,460	570	220	250	3,070	560
	f _r (mm/min)	4.5	0.6	0.6	0.1-0.3	0.6	0.8	0.8	0.1-0.3	0.9	1.2	1.2	0.1-0.3	0.9
VI Stainless Steels (20-40HRC)	V _c (m/min)	0.15	1.5	3	0.2-0.5	0.2	2	2	0.2-0.5	0.3	3	3	0.2-0.5	0.3
	f _r (mm/tooth)	130	60	55	200	130	60	55	200	130	60	55	200	130
	V _c (m/min)	13,800	6,400	5,800	21,200	10,300	4,800	4,400	15,900	6,900	3,200	2,900	10,600	5,200
	f _r (mm/tooth)	0.030	0.010	0.010	0.065	0.040	0.015	0.015	0.128	0.070	0.025	0.025	0.170	0.095
VII Heat Resisting Steels Titanium, Inconel Nickel & Cobalt Alloys (25-60HRC)	V _c (m/min)	1,600	260	230	7,210	1,650	290	260	8,140	1,830	270	250	7,210	1,930
	f _r (mm/tooth)	4.5	1.5	1.5	0.2-0.5	0.6	2	2	0.2-0.5	0.9	3	3	0.2-0.5	0.9
	V _c (m/min)	0.15	1.5	3	0.2-0.5	0.2	2	2	0.2-0.5	0.3	3	3	0.2-0.5	0.3
	f _r (mm/min)	60	40	36	120	60	40	36	120	60	40	36	120	60
VIII Cast Irons: EN-J (GG) Ductile Cast Iron: EN-IG(GGG) EN-JL - 120HB (EN-JS - 240HB)	V _c (m/min)	6,400	4,200	3,800	12,700	4,800	3,200	3,600	8,300	3,800	3,500	3,800	8,300	3,200
	f _r (mm/tooth)	0.015	0.010	0.010	0.043	0.020	0.015	0.015	0.064	0.025	0.018	0.018	0.071	0.030
	V _c (m/min)	390	170	150	2,180	380	190	170	2,430	380	180	170	2,160	380
	f _r (mm/min)	4.5	0.9	0.9	0.5-0.3	6	1.2	1.2	0.5-0.3	9	1.8	1.8	0.5-0.3	9
IX Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	0.15	1.5	3	0.5-0.3	0.2	2	2	0.2-0.5	0.3	3	3	0.2-0.5	0.3
	f _r (mm/tooth)	195	78	72	300	195	78	72	300	195	78	72	300	195
	V _c (m/min)	20,700	8,300	7,600	31,800	15,500	6,200	5,700	23,900	12,400	4,800	4,600	19,100	9,900
	f _r (mm/tooth)	0.035	0.035	0.035	0.100	0.050	0.050	0.050	0.150	0.065	0.065	0.065	0.165	0.090
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	2,900	1,160	1,060	12,720	3,100	1,240	1,140	14,340	3,300	1,310	1,220	12,720	3,380
	f _r (mm/min)	4.5	1.5	1.5	0.2-0.5	6	2	2	0.2-0.5	9	3	3	0.2-0.5	9
	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.2-0.5	0.4	2	2	0.2-0.5	0.6	3	3	0.2-0.5	0.6
	f _r (mm/min)	260	195	180	350	260	195	180	350	260	195	180	350	260
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	27,600	20,700	19,100	37,100	20,700	15,600	14,900	27,900	16,600	12,400	11,500	22,300	16,600
	f _r (mm/tooth)	0.035	0.025	0.025	0.100	0.050	0.035	0.035	0.150	0.065	0.050	0.050	0.165	0.090
	V _c (m/min)	3,860	2,070	1,910	14,840	4,140	2,170	2,000	16,740	4,320	2,480	2,300	14,720	4,420
	f _r (mm/min)	4.5	3	3	0.2-0.5	6	4	4	0.2-0.5	9	6	6	0.2-0.5	9
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.2-0.5	0.4	2	2	0.2-0.5	0.6	3	3	0.2-0.5	0.6
	f _r (mm/min)	195	105	96	330	195	105	96	330	195	105	96	330	195
	V _c (m/min)	20,700	11,100	10,200	35,000	12,400	6,700	6,100	21,000	10,300	5,600	5,100	17,500	7,800
	f _r (mm/min)	2,900	1,110	1,020	14,000	3,100	1,180	1,060	14,200	3,300	1,340	1,220	16,800	3,280
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.2-0.5	0.4	2	2	0.2-0.5	0.6	3	3	0.2-0.5	0.6
	f _r (mm/min)	155	90	84	260	155	90	84	260	155	90	84	260	155
	V _c (m/min)	16,400	9,500	8,900	27,600	12,300	7,200	6,700	20,700	9,900	5,700	5,300	16,600	8,200
	f _r (mm/tooth)	0.030	0.020	0.020	0.090	0.040	0.030	0.030	0.120	0.055	0.040	0.040	0.150	0.070
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	1,970	760	710	9,940	1,970	890	830	9,940	2,300	960	900	11,590	2,360
	f _r (mm/tooth)	0.5	3	3	0.2-0.5	0.4	2	4	0.2-0.5	0.6	3	6	0.2-0.5	1.2
	V _c (m/min)	117	52	48	200	117	52	48	200	117	52	48	200	117
	f _r (mm/tooth)	12,400	5,500	5,100	21,200	9,300	4,100	3,800	15,900	7,400	3,300	3,100	12,700	6,200
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	1,040	330	310	5,090	1,040	410	380	5,090	1,120	430	380	5,090	1,120
	f _r (mm/tooth)	0.45	1.5	1.5	0.1-0.3	0.2	2	2	0.1-0.3	0.3	3	3	0.1-0.3	0.3
	V _c (m/min)	0.3	1.5	3	0.1-0.3	0.4	2	4	0.1-0.3	0.6	3	6	0.1-0.3	0.6
	f _r (mm/min)	90	35	40	170	90	35	40	170	90	35	40	170	90
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	9,500	3,700	4,200	18,000	7,200	2,800	3,200	13,500	4,800	1,900	2,100	9,000	3,600
	f _r (mm/tooth)	0.015	0.013	0.013	0.043	0.020	0.018	0.018	0.064	0.025	0.025	0.025	0.077	0.030
	V _c (m/min)	570	190	220	3,100	580	200	230	3,460	570	220	250	3,070	560
	f _r (mm/min)	4.5	0.6	0.6	0.1-0.3	0.6	0.8	0.8	0.1-0.3	0.9	1.2	1.2	0.1-0.3	0.9
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	0.15	1.5	3	0.2-0.5	0.2	2	2	0.2-0.5	0.3	3	3	0.2-0.5	0.3
	f _r (mm/tooth)	130	60	55	200	130	60	55	200	130	60	55	200	130
	V _c (m/min)	13,800	6,400	5,800	21,200	10,300	4,800	4,400	15,900	6,900	3,200	2,900	10,600	5,200
	f _r (mm/tooth)	0.030	0.010	0.010	0.065	0.040	0.015	0.015	0.128	0.070	0.025	0.025	0.170	0.095
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	1,600	260	230	7,210	1,650	290	260	8,140	1,830	270	250	7,210	1,930
	f _r (mm/tooth)	4.5	1.5	1.5	0.2-0.5	0.6	2	2	0.2-0.5	0.9	3	3	0.2-0.5	0.9
	V _c (m/min)	0.15	1.5	3	0.2-0.5	0.2	2	2	0.2-0.5	0.3	3	3	0.2-0.5	0.3
	f _r (mm/min)	60	40	36	120	60	40	36	120	60	40	36	120	60
Aluminum Copper Alloys	V _c (m/min)	6,400	4,200	3,800	12,700	4,800	3,200	3,600	8,300	3,800	3,500	3,800	8,300	3,200
	f _r (mm/tooth)	0.015	0.010	0.010	0.043	0.020	0.015	0.015	0.064	0.02				

EPDS I Epoch Deep Square

V max High Speed

HRC 70

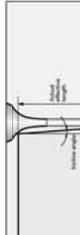
No. of Teeth Z



Helix Angle 30°

D 0.1 - 0.5	0/-0.007
D 0.6 - 0.9	0/-0.010
D 1.0 - 4.0	0/-0.015
G	H6

Coating	THIN	THIN	THIN
Coating	None (D)	None (D)	None (D)
Coating	None (D)	None (D)	None (D)
Coating	None (D)	None (D)	None (D)



ID Code	Item Code	Z	ØD	L	l	Ødn	Actual Effective Length in Incline angles						
							0.5°	1°	1.5°	2°			
EP 558	EPDS-2001-0.3	2	0.1	0.3	0.15	0.08	4	0.48	0.49	0.51	0.53	0.58	
EP 559	EPDS-2001-0.5	2	0.1	0.5	0.15	0.08	4	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	
EP 560	EPDS-2001-0.6	2	0.1	0.6	0.15	0.08	4	0.86	0.91	0.94	0.98	1.02	
EP 561	EPDS-2001-0.8	2	0.1	0.8	0.15	0.08	4	1.21	1.26	1.29	1.33	1.37	
EP 562	EPDS-2001-1.0	2	0.1	1.0	0.15	0.08	4	1.56	1.61	1.64	1.68	1.72	
EP 563	EPDS-2001-1.5	2	0.2	1.5	0.3	0.17	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 564	EPDS-2002-1.5	2	0.2	1.5	0.3	0.17	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 565	EPDS-2003-1.5	2	0.3	1.5	0.45	0.27	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 566	EPDS-2003-2.0	2	0.3	2.0	0.45	0.27	50	4	3.44	3.76	4.05	4.31	4.79
EP 567	EPDS-2003-3.0	2	0.3	3.0	0.45	0.27	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 568	EPDS-2004-1.5	2	0.4	1.5	0.6	0.37	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 569	EPDS-2004-1.5	2	0.4	1.5	0.6	0.37	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 570	EPDS-2004-2.0	2	0.4	2.0	0.6	0.37	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 571	EPDS-2004-3.0	2	0.4	3.0	0.6	0.37	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 572	EPDS-2004-4.0	2	0.4	4.0	0.6	0.37	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 573	EPDS-2004-5.0	2	0.5	5.0	0.75	0.47	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 574	EPDS-2005-1.0	2	0.5	1.0	0.75	0.47	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 575	EPDS-2005-1.5	2	0.5	1.5	0.75	0.47	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 576	EPDS-2005-2.0	2	0.5	2.0	0.75	0.47	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 577	EPDS-2005-3.0	2	0.5	3.0	0.75	0.47	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 578	EPDS-2005-4.0	2	0.5	4.0	0.75	0.47	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 579	EPDS-2005-5.0	2	0.5	5.0	0.75	0.47	50	4	8.31	8.8	9.2	9.55	10.2
EP 580	EPDS-2006-1.0	2	0.6	1.0	0.9	0.57	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 581	EPDS-2006-1.5	2	0.6	1.5	0.9	0.57	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 582	EPDS-2006-2.0	2	0.6	2.0	0.9	0.57	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 583	EPDS-2006-3.0	2	0.6	3.0	0.9	0.57	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 584	EPDS-2006-4.0	2	0.6	4.0	0.9	0.57	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 585	EPDS-2006-5.0	2	0.6	5.0	0.9	0.57	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 586	EPDS-2007-1.0	2	0.7	1.0	1.05	0.67	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 587	EPDS-2007-1.5	2	0.7	1.5	1.05	0.67	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 588	EPDS-2007-2.0	2	0.7	2.0	1.05	0.67	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 589	EPDS-2007-3.0	2	0.7	3.0	1.05	0.67	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 590	EPDS-2007-4.0	2	0.7	4.0	1.05	0.67	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 591	EPDS-2007-5.0	2	0.7	5.0	1.05	0.67	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 592	EPDS-2008-1.0	2	0.8	1.0	1.2	0.77	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 593	EPDS-2008-1.5	2	0.8	1.5	1.2	0.77	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 594	EPDS-2008-2.0	2	0.8	2.0	1.2	0.77	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 595	EPDS-2008-3.0	2	0.8	3.0	1.2	0.77	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 596	EPDS-2008-4.0	2	0.8	4.0	1.2	0.77	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 597	EPDS-2008-5.0	2	0.8	5.0	1.2	0.77	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 598	EPDS-2009-1.0	2	0.9	1.0	1.35	0.86	60	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 599	EPDS-2009-1.5	2	0.9	1.5	1.35	0.86	60	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 600	EPDS-2009-2.0	2	0.9	2.0	1.35	0.86	60	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 601	EPDS-2009-3.0	2	0.9	3.0	1.35	0.86	60	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 602	EPDS-2009-4.0	2	0.9	4.0	1.35	0.86	60	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 603	EPDS-2009-5.0	2	0.9	5.0	1.35	0.86	60	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 604	EPDS-2010-1.0	2	1.0	1.0	1.5	0.96	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 605	EPDS-2010-1.5	2	1.0	1.5	1.5	0.96	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 606	EPDS-2010-2.0	2	1.0	2.0	1.5	0.96	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 607	EPDS-2010-3.0	2	1.0	3.0	1.5	0.96	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 608	EPDS-2010-4.0	2	1.0	4.0	1.5	0.96	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 609	EPDS-2010-5.0	2	1.0	5.0	1.5	0.96	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 610	EPDS-2011-1.0	2	1.1	1.0	1.65	1.05	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 611	EPDS-2011-1.5	2	1.1	1.5	1.65	1.05	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 612	EPDS-2011-2.0	2	1.1	2.0	1.65	1.05	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 613	EPDS-2011-3.0	2	1.1	3.0	1.65	1.05	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 614	EPDS-2011-4.0	2	1.1	4.0	1.65	1.05	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 615	EPDS-2011-5.0	2	1.1	5.0	1.65	1.05	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 616	EPDS-2012-1.0	2	1.2	1.0	1.8	1.14	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 617	EPDS-2012-1.5	2	1.2	1.5	1.8	1.14	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 618	EPDS-2012-2.0	2	1.2	2.0	1.8	1.14	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 619	EPDS-2012-3.0	2	1.2	3.0	1.8	1.14	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 620	EPDS-2012-4.0	2	1.2	4.0	1.8	1.14	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 621	EPDS-2012-5.0	2	1.2	5.0	1.8	1.14	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 622	EPDS-2013-1.0	2	1.3	1.0	2.0	1.23	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 623	EPDS-2013-1.5	2	1.3	1.5	2.0	1.23	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 624	EPDS-2013-2.0	2	1.3	2.0	2.0	1.23	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 625	EPDS-2013-3.0	2	1.3	3.0	2.0	1.23	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 626	EPDS-2013-4.0	2	1.3	4.0	2.0	1.23	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 627	EPDS-2013-5.0	2	1.3	5.0	2.0	1.23	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 628	EPDS-2014-1.0	2	1.4	1.0	2.25	1.32	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 629	EPDS-2014-1.5	2	1.4	1.5	2.25	1.32	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 630	EPDS-2014-2.0	2	1.4	2.0	2.25	1.32	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 631	EPDS-2014-3.0	2	1.4	3.0	2.25	1.32	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 632	EPDS-2014-4.0	2	1.4	4.0	2.25	1.32	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 633	EPDS-2014-5.0	2	1.4	5.0	2.25	1.32	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 634	EPDS-2015-1.0	2	1.5	1.0	2.5	1.41	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 635	EPDS-2015-1.5	2	1.5	1.5	2.5	1.41	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 636	EPDS-2015-2.0	2	1.5	2.0	2.5	1.41	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 637	EPDS-2015-3.0	2	1.5	3.0	2.5	1.41	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 638	EPDS-2015-4.0	2	1.5	4.0	2.5	1.41	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 639	EPDS-2015-5.0	2	1.5	5.0	2.5	1.41	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 640	EPDS-2016-1.0	2	1.6	1.0	2.75	1.5	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 641	EPDS-2016-1.5	2	1.6	1.5	2.75	1.5	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05	3.47
EP 642	EPDS-2016-2.0	2	1.6	2.0	2.75	1.5	50	4	3.99	4.34	4.64	4.92	5.42
EP 643	EPDS-2016-3.0	2	1.6	3.0	2.75	1.5	50	4	5.08	5.48	5.82	6.12	6.67
EP 644	EPDS-2016-4.0	2	1.6	4.0	2.75	1.5	50	4	6.17	6.6	6.97	7.3	7.89
EP 645	EPDS-2016-5.0	2	1.6	5.0	2.75	1.5	50	4	7.24	7.72	8.12	8.47	9.09
EP 646	EPDS-2017-1.0	2	1.7	1.0	3.0	1.59	50	4	1.78	1.99	2.2	2.4	2.78
EP 647	EPDS-2017-1.5	2	1.7	1.5	3.0	1.59	50	4	2.34	2.59	2.83	3.05</	

Document ressource DRS-C3_4

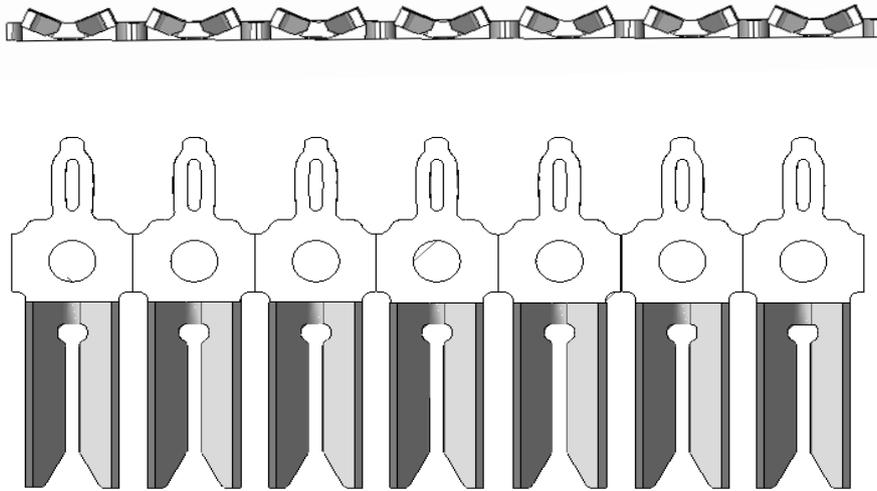
Work piece material		I					II				III			
		Carbon Steels, Alloy Steels (180-250HB)					Tool Steels (25-35HRC)				Tool Steels (35-45HRC)			
		Copper (Cu): n + 20% · f _z + 20%												
Ø D (mm)	l _n (mm)	a _p (mm)	n (min ⁻¹)	f _z (mm)	V _r (mm/min)	a _p (mm)	n (min ⁻¹)	f _z (mm)	V _r (mm/min)	a _p (mm)	n (min ⁻¹)	f _z (mm)	V _r (mm/min)	
0.1	0.3	0.006	50,000	0.011	1,050	0.005	50,000	0.011	1,050	0.004	50,000	0.008	780	
0.1	0.5	0.004	50,000	0.011	1,050	0.004	48,600	0.011	1,021	0.003	45,900	0.008	716	
0.1	1	0.003	48,000	0.010	922	0.003	43,200	0.011	907	0.002	40,800	0.008	636	
0.2	0.5	0.020	45,000	0.016	1,418	0.018	40,500	0.016	1,276	0.014	38,250	0.012	895	
0.2	1	0.014	45,000	0.016	1,418	0.013	40,500	0.016	1,276	0.010	38,250	0.012	895	
0.2	1.5	0.008	40,500	0.014	1,166	0.007	36,450	0.014	1,050	0.006	34,425	0.012	806	
0.3	1	0.021	40,000	0.016	1,260	0.019	36,000	0.016	1,134	0.015	34,000	0.012	796	
0.3	1.5	0.021	40,000	0.016	1,260	0.019	36,000	0.016	1,134	0.015	34,000	0.012	796	
0.3	2.5	0.010	36,000	0.014	1,037	0.009	32,400	0.014	933	0.007	30,600	0.012	716	
0.3	3	0.008	36,000	0.014	1,037	0.007	32,400	0.014	933	0.006	30,600	0.012	716	
0.4	1	0.040	32,000	0.021	1,344	0.036	28,800	0.021	1,210	0.028	27,200	0.016	849	
0.4	1.5	0.028	32,000	0.021	1,344	0.025	28,800	0.021	1,210	0.020	27,200	0.016	849	
0.4	2	0.028	32,000	0.021	1,344	0.025	28,800	0.021	1,210	0.020	27,200	0.016	849	
0.4	3	0.016	28,800	0.019	1,106	0.014	25,920	0.019	995	0.011	24,480	0.016	764	
0.4	4	0.010	28,800	0.019	1,106	0.009	25,920	0.019	995	0.007	24,480	0.016	764	
0.4	5	0.010	25,600	0.017	860	0.009	23,040	0.017	774	0.007	21,760	0.011	496	
0.5	1	0.050	32,000	0.021	1,344	0.045	28,800	0.021	1,210	0.035	27,200	0.016	849	
0.5	2	0.035	32,000	0.021	1,344	0.032	28,800	0.021	1,210	0.025	27,200	0.016	849	
0.5	3	0.020	28,800	0.019	1,106	0.018	25,920	0.019	995	0.014	24,480	0.016	764	
0.5	4	0.020	28,800	0.019	1,106	0.018	25,920	0.019	995	0.014	24,480	0.016	764	
0.5	5	0.013	28,800	0.019	1,106	0.012	25,920	0.019	995	0.009	24,480	0.016	764	
0.5	6	0.013	25,600	0.017	860	0.012	23,040	0.017	774	0.009	21,760	0.011	496	
0.6	2	0.042	32,000	0.026	1,680	0.038	28,800	0.026	1,512	0.029	27,200	0.020	1,061	
0.6	4	0.024	28,800	0.024	1,382	0.022	25,920	0.024	1,244	0.017	24,480	0.020	955	
0.6	6	0.015	28,800	0.024	1,382	0.014	25,920	0.024	1,244	0.011	24,480	0.020	955	
0.6	8	0.015	25,600	0.021	1,075	0.014	23,040	0.021	968	0.011	21,760	0.014	620	
0.7	4	0.049	28,800	0.024	1,382	0.044	25,920	0.024	1,244	0.034	24,480	0.020	955	
0.7	10	0.018	25,600	0.021	1,075	0.016	23,040	0.021	968	0.013	21,760	0.014	620	
0.8	4	0.056	32,000	0.026	1,680	0.050	28,800	0.026	1,512	0.039	27,200	0.020	1,061	
0.8	6	0.032	28,800	0.024	1,382	0.029	25,920	0.024	1,244	0.022	24,480	0.020	955	
0.8	8	0.020	28,800	0.024	1,382	0.018	25,920	0.024	1,244	0.014	24,480	0.020	955	
0.8	12	0.012	25,600	0.021	1,075	0.011	23,040	0.021	968	0.008	21,760	0.014	620	
0.9	6	0.036	28,800	0.024	1,382	0.032	25,920	0.024	1,244	0.025	24,480	0.020	955	
0.9	12	0.023	25,600	0.021	1,075	0.021	23,040	0.021	968	0.016	21,760	0.014	620	
1	2	0.100	28,800	0.032	1,814	0.090	25,920	0.032	1,633	0.070	24,480	0.023	1,146	
1	4	0.070	28,800	0.032	1,814	0.063	25,920	0.032	1,633	0.049	24,480	0.023	1,146	
1	6	0.040	25,920	0.029	1,493	0.036	23,328	0.029	1,344	0.028	22,032	0.023	1,031	
1	8	0.040	25,920	0.029	1,493	0.036	23,328	0.029	1,344	0.028	22,032	0.023	1,031	
1	10	0.025	25,920	0.029	1,493	0.023	23,328	0.029	1,344	0.018	22,032	0.023	1,031	
1	12	0.025	23,040	0.025	1,161	0.023	20,736	0.025	1,045	0.018	19,584	0.017	670	
1	14	0.025	23,040	0.025	1,161	0.023	20,736	0.025	1,045	0.018	19,584	0.017	670	
1	16	0.015	23,040	0.022	995	0.014	20,736	0.022	896	0.011	19,584	0.016	635	
1.2	6	0.084	25,600	0.032	1,613	0.076	23,040	0.032	1,452	0.059	21,760	0.023	1,018	
1.2	12	0.030	23,040	0.029	1,327	0.027	20,736	0.029	1,194	0.021	19,584	0.023	917	
1.4	6	0.100	22,400	0.032	1,411	0.090	20,160	0.032	1,270	0.070	19,040	0.023	891	
1.4	10	0.056	20,160	0.029	1,161	0.050	18,144	0.029	1,045	0.039	17,136	0.023	802	
1.4	16	0.035	17,920	0.025	903	0.032	16,128	0.025	813	0.025	15,232	0.017	521	
1.5	4	0.110	22,400	0.032	1,411	0.099	20,160	0.032	1,270	0.077	19,040	0.023	891	
1.5	6	0.110	22,400	0.032	1,411	0.099	20,160	0.032	1,270	0.077	19,040	0.023	891	
1.5	10	0.060	20,160	0.029	1,161	0.054	18,144	0.029	1,045	0.042	17,136	0.023	802	
1.5	12	0.060	20,160	0.029	1,161	0.054	18,144	0.029	1,045	0.042	17,136	0.023	802	
1.5	16	0.038	17,920	0.025	903	0.034	16,128	0.025	813	0.027	15,232	0.017	521	
1.5	18	0.038	17,920	0.025	903	0.034	16,128	0.025	813	0.027	15,232	0.017	521	
1.5	25	0.023	13,440	0.022	581	0.021	12,096	0.022	523	0.016	11,424	0.016	370	
1.6	6	0.110	20,800	0.035	1,456	0.099	18,720	0.035	1,310	0.077	17,680	0.026	919	
1.6	12	0.064	18,720	0.032	1,198	0.058	16,848	0.032	1,078	0.045	15,912	0.026	827	
1.6	20	0.040	16,640	0.028	932	0.036	14,976	0.028	839	0.028	14,144	0.019	537	
1.8	8	0.130	20,800	0.035	1,456	0.117	18,720	0.035	1,310	0.091	17,680	0.026	919	
1.8	14	0.072	18,720	0.032	1,198	0.065	16,848	0.032	1,078	0.050	15,912	0.026	827	
1.8	20	0.045	16,640	0.028	932	0.041	14,976	0.028	839	0.032	14,144	0.019	537	
2	4	0.200	16,800	0.042	1,411	0.180	15,120	0.042	1,270	0.140	14,280	0.031	891	
2	6	0.200	16,800	0.042	1,411	0.180	15,120	0.042	1,270	0.140	14,280	0.031	891	
2	8	0.140	16,800	0.042	1,411	0.126	15,120	0.042	1,270	0.098	14,280	0.031	891	
2	10	0.140	16,800	0.042	1,411	0.126	15,120	0.042	1,270	0.098	14,280	0.031	891	
2	12	0.080	15,120	0.038	1,161	0.072	13,608	0.038	1,045	0.056	12,852	0.031	802	
2	16	0.080	15,120	0.038	1,161	0.072	13,608	0.038	1,045	0.056	12,852	0.031	802	
2	20	0.050	15,120	0.038	1,161	0.045	13,608	0.038	1,045	0.035	12,852	0.031	802	
2	25	0.050	13,440	0.034	903	0.045	12,096	0.034	813	0.035	11,424	0.023	521	
2	30	0.030	13,440	0.034	903	0.027	12,096	0.034	813	0.021	11,424	0.023	521	
2.5	12	0.180	14,400	0.053	1,512	0.162	12,960	0.053	1,361	0.126	12,240	0.039	955	
2.5	20	0.100	12,960	0.048	1,244	0.090	11,664	0.048	1,120	0.070	11,016	0.039	859	
3	8	0.300	12,800	0.053	1,344	0.270	11,520	0.053	1,210	0.210	10,880	0.039	849	
3	12	0.210	12,800	0.053	1,344	0.189	11,520	0.053	1,210	0.147	10,880	0.039	849	
3	20	0.120	11,520	0.048	1,106	0.108	10,368	0.048	995	0.084	9,792	0.039	764	
3	30	0.080	11,520	0.048	1,106	0.072	10,368	0.048	995	0.056	9,792	0.039	764	
4	12	0.400	9,550	0.070	1,337	0.360	8,595	0.070	1,203	0.280	8,118	0.052	844	
4	20	0.280	9,550	0.070	1,337	0.252	8,595	0.070	1,203	0.196	8,118	0.052	844	
4	30	0.160	8,600	0.064	1,101	0.144	7,740	0.064	991	0.112	7,310	0.052	760	
4	40	0.100	8,600	0.064	1,101	0.090	7,740	0.064	991	0.070	7,310	0.052	760	

DOSSIER "REponses"

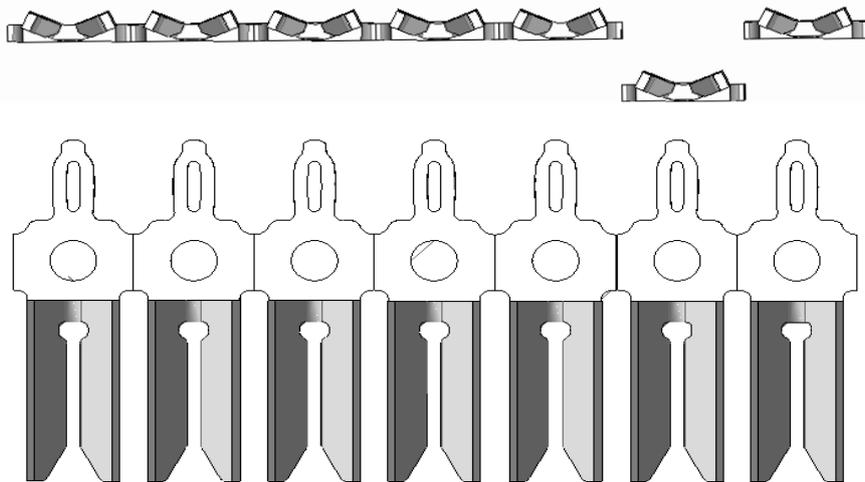
DOCUMENTS

REPERE	CONTENU	FORMAT
DR-B1	Etapes de découpe	1 A4 NB
DR-B2	Lecture spécifications géométriques	1 A4 NB
DR-B3	Cotation de la bande	1 A4 NB
DR-C1	Formes découpe fil	1 A4 NB
DR-C2	Gamme découpe fil phases 10 & 20	1 A4 NB
DR-C3	Gamme découpe fil phases 30 & 40	1 A4 NB
DR-C4	Modification forme pour usinage	1 A4 NB

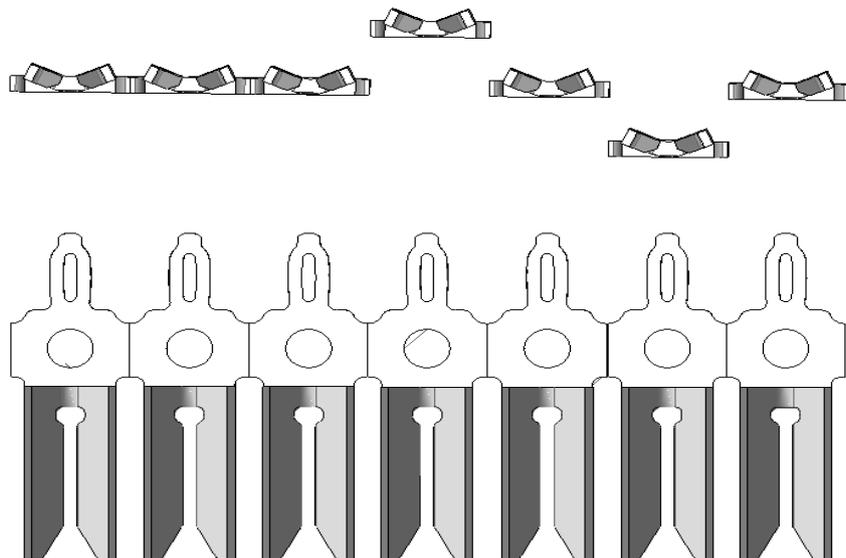
Etape N°1

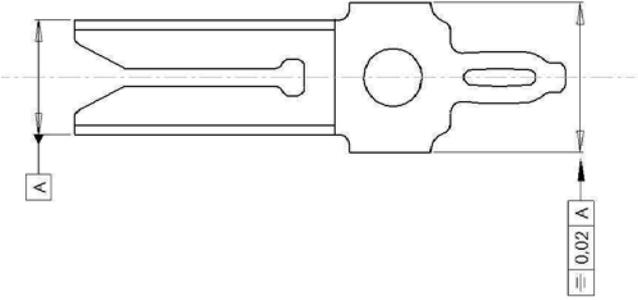


Etape N°2



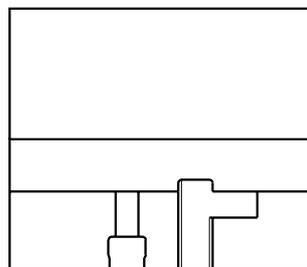
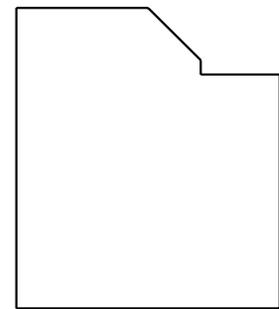
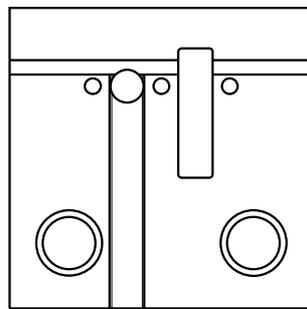
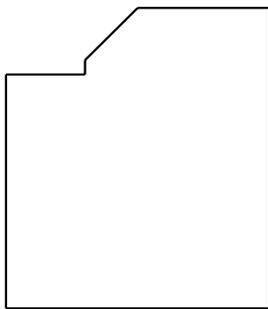
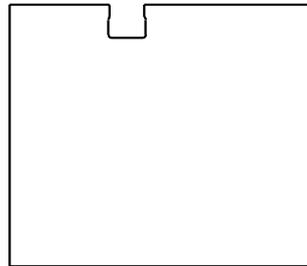
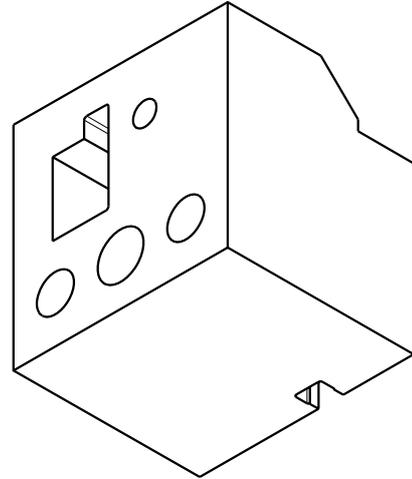
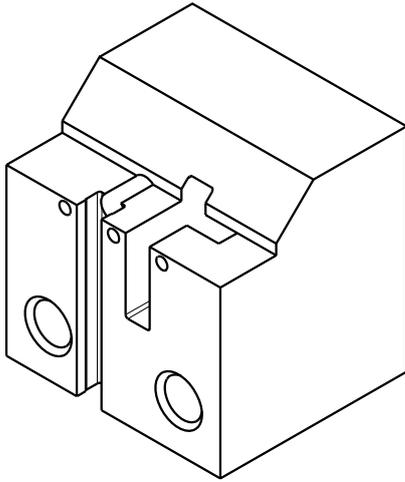
Etape N°3



TOLERANCEMENT NORMALISE		Analyse d'une spécification par zone de tolérance			
Symbole de la spécification		Eléments Idéaux			
Type de spécification		Eléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		Zone de tolérance	
Forme	Orientation	Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Contraintes
Position	Battement	unique groupe	unique multiples	simple commune système	orientation position par rapport à la référence spécifiée
Condition de conformité :					
L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.					
Schéma extrait du dessin de définition		 <p>The diagram shows a technical drawing of a mechanical part with a central hole and a smaller hole on the right. A horizontal dimension line labeled 'A' spans the width of the part. A vertical dimension line labeled '0.02 A' indicates a tolerance zone. The part is shown in a perspective view.</p>			

DOCUMENT
 REPONSE
 DR-B2

Formes obtenues par découpe au fil par posage



Phase 10 : vert

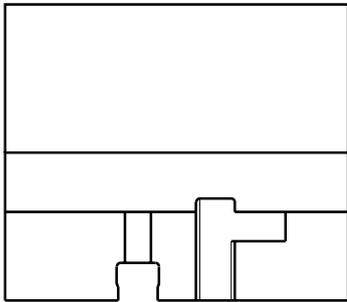
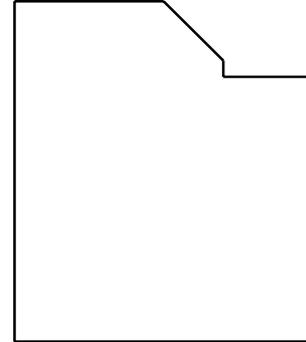
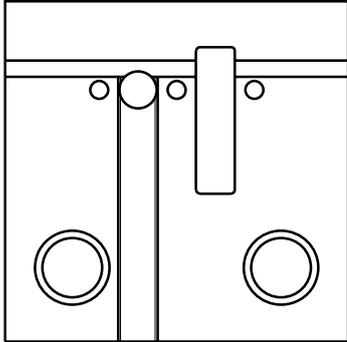
Phase 30 : bleu

Phase 20 : rouge

Phase 40 : jaune

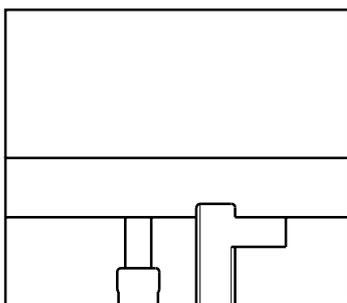
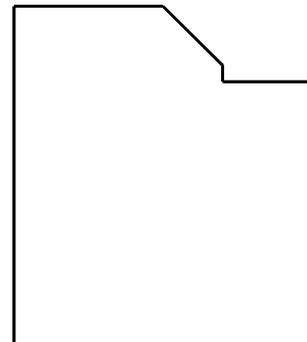
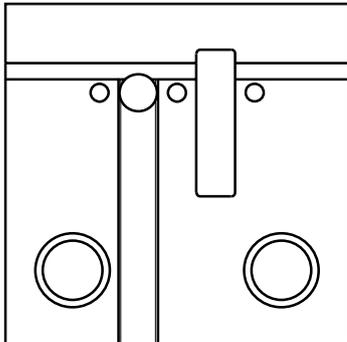
Gamme découpe au fil par électroérosion

Phase 10



Echelle : 2:1

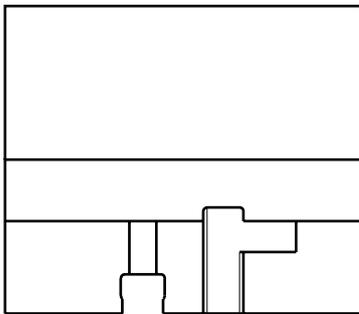
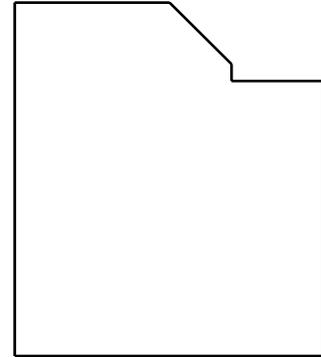
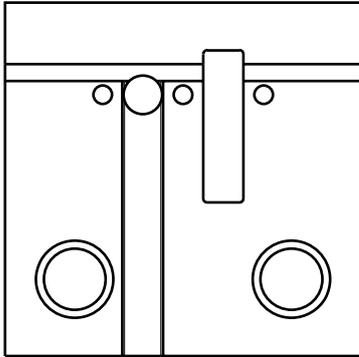
Phase 20



Echelle : 2:1

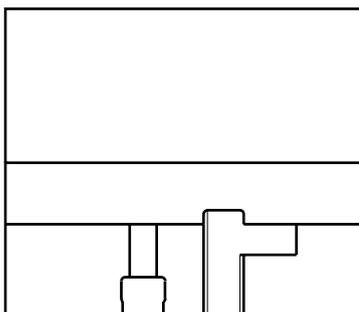
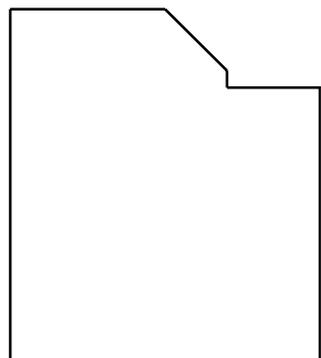
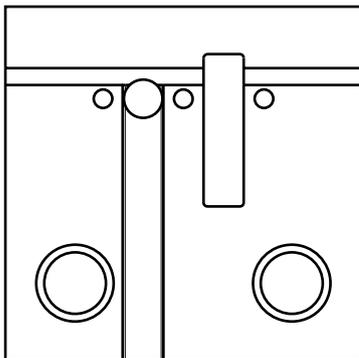
Gamme découpe au fil par électroérosion

Phase 30



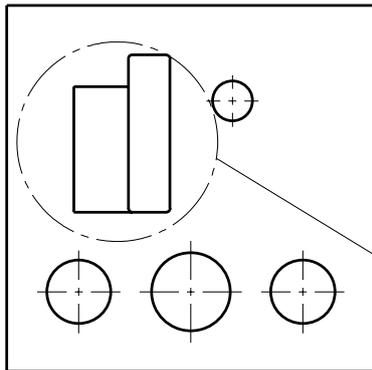
Echelle : 2:1

Phase 40



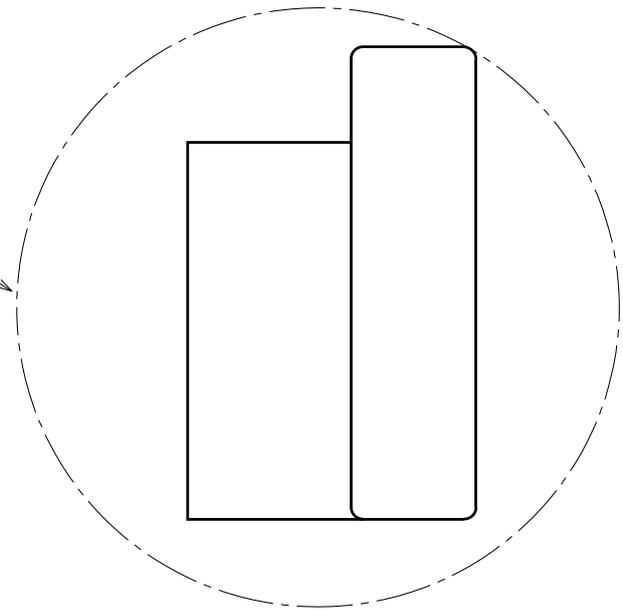
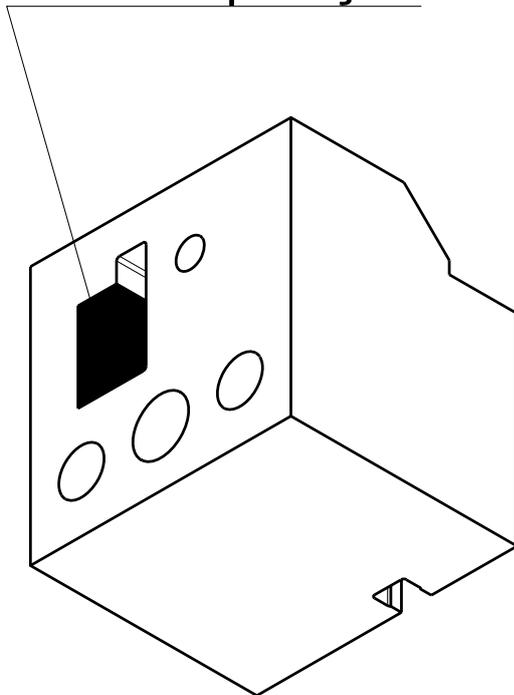
Echelle : 2:1

Modification forme "guide contre poinçon" pour obtention par usinage



Echelle 2:1

Forme guide
contre poinçon



Détail pour tracé des
parcours outils
Echelle 6:1