

CONFERENCE

Premier Symposium Franco-Yougoslave
sur les nouvelles technologies

DUBROVNIK, 30 Mars - 3 Avril 1987

GAMME AUTOMATIQUE D'USINAGE : UNE NOUVELLE APPROCHE, LA PHASE AUTOMATIQUE

par B.ANSELMETTI et P.BOURDET

Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée
ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN
61, avenue du Président Wilson, 94230 CACHAN (FRANCE)

Résumé :

Dans un atelier flexible automatisé destiné à l'usinage en petites séries, il est nécessaire d'élaborer beaucoup de programmes pour les machines. Il faut également gérer le plus parfaitement possible l'utilisation et la circulation des différents outillages.

Expérimentée dans le cas du tournage en commande numérique, la nouvelle approche proposée répond à ce double problème. Ce logiciel de phase automatique permet de générer automatiquement et très rapidement (moins de 15 minutes) le processus d'usinage sur une machine donnée, avec un équipement en portes outils et en outils coupants parfaitement défini, grâce à une base de données de coupe et une base de données d'équipement très documentées.

Cet article porte sur le principe de détermination des opérations d'usinage, et sur les informations contenues dans les bases de données pour permettre le choix automatique des outils coupants.

1 LE PROBLEME DE L'AUTOMATISATION DES GAMMES D'USINAGE :

L'aide de l'informatique dans l'automatisation de la production peut se decomposer de la manière suivante :

- la G.P.A.O : gestion de la production, au sens organisation, ordonnancement, calcul des besoins, devis ...
- la F.A.O : fabrication assistée par ordinateur, au sens aide à l'usinage, génération des programmes C.N, calcul des temps, choix des conditions de coupe...

Dans ce contexte, la notion de gamme d'usinage est fréquemment prise au sens "décomposition de la production par postes de travail". En effet, le document de gamme précise l'ordre de passage des pièces sur les différentes machines, les temps alloués et les matériels lourds à mettre en oeuvre (montages d'usinage par exemple). Ces informations sont nécessaires pour prévoir le taux de charge des machines ainsi que l'ordonnancement de la production.

Dans un second temps, le document de gamme est confié aux professionnels responsables des machines. Ceux-ci déterminent les détails du processus d'usinage, et effectuent le choix des outils coupants. Dans le cas d'une machine à commande numérique, le professionnel utilisera volontiers un logiciel d'aide à la programmation pour générer le programme d'usinage de la machine.

Le travail qui consiste à répartir les usinages sur différents postes de travail (usinage, traitement thermique, traitement de surface, contrôle ..) est particulièrement difficile à réaliser. De plus, les documents à établir sont longs à rédiger. C'est pour cette raison que de nombreuses études sont effectuées pour automatiser le choix de la gamme d'usinage.(ref 40)

Plusieurs approches conceptuelles sont utilisées. Messieurs B.MUTEL (ref 9,30) et R.WEILL (ref 3,23) ont retenu trois classes :

- la technologie de groupe : ex : P.S.G (ref 4),MULTICLASS (ref 5) (ref 6,24,27,28,39)

A l'aide d'un système de codage, la méthode consiste à retrouver des pièces présentant des similitudes de formes avec la pièce à étudier, et à reprendre les méthodes d'usinage correspondantes.

- la méthode des variantes : ex : PROGAM (ref 7,36), AUTOGAM (ref 8)

Il s'agit de retrouver parmi les pièces produites dans l'entreprise, une ou plusieurs pièces qui ressemblent le plus possible à la pièce étudiée. En reprenant les gammes d'usinage, il suffit d'apporter quelques corrections. Cette méthode est souvent exploitée par des logiciels de traitement de gamme, qui possèdent les mêmes fonctionnalités qu'un traitement de textes, mais bien sûr appliquées aux problèmes et au langage des gammistes.

- approche générative : ex : GARI (ref 11,12), EXCAP (ref 26)

La méthode consiste à analyser la forme de la pièce pour générer automatiquement une gamme d'usinage, sans faire appel à un archivage préalable de pièces ou de gammes connues. Ces méthodes font souvent appel aux techniques de l'intelligence artificielle, ce qui permet, en principe, d'adapter les règles de décisions aux productions des entreprises et à leurs méthodes de fabrication (ref 13,17,18,21,37).

De nombreuses recherches se déroulent dans ce domaine, (ref 14,15,16,33).

Quelle que soit la méthode employée pour générer cette gamme, il est nécessaire de prendre en compte le parc machines et les outillages potentiellement utilisables. Dans les deux premières méthodes, (technologie de groupe ou méthode des variantes), aucun contrôle de l'existence ni de la disponibilité des outils coupants n'est effectué. Par contre, on sait que la méthode d'usinage choisie a déjà été utilisée sur une pièce semblable, ce qui permet de supposer qu'il existe donc bien un outil adapté à la nouvelle pièce.

Dans le cas d'une approche générative, il faut travailler avec un certain nombre d'outils et de machines. Dans GARI (ref 13), le parc machines est uniquement connu par le nom et le type de chaque machine :

Ex : ALCERA ; type fraiseuse
GSP ; type centre d'usinage

Par contre, comme il n'y a pas de fichier outillage, il faut supposer que les outils de coupe capables de réaliser les usinages prévus existent bien.

Pour que la gamme obtenue par un système automatique soit complète et validée, il nous semble indispensable que les moindres détails soient pris en compte, par exemple, que l'outil de coupe prévu existe, qu'il soit disponible, et qu'il puisse être monté sur la machine.

Un certain nombre de travaux sont en cours pour choisir automatiquement les outils (ref 14,25,32) et les paramètres d'usinage (ref 19,20,22,31).

En ce qui concerne l'outillage, il y a deux possibilités : soit une liste figée d'outils en mémoire ayant des capacités d'usinage bien définies (ref 25), soit une banque d'outils identifiés par un certain nombre de paramètres (ref 15,16).

La nouvelle approche qui a été utilisée au Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée, consiste à traiter entièrement et le plus finement possible le choix du processus d'usinage. Actuellement, le système fonctionne en fait pour une prise de pièce donnée et une forme à obtenir parfaitement définie. Cette nouvelle approche que l'on peut appeler la phase automatique a été développée dans le cas du tournage en commande numérique.

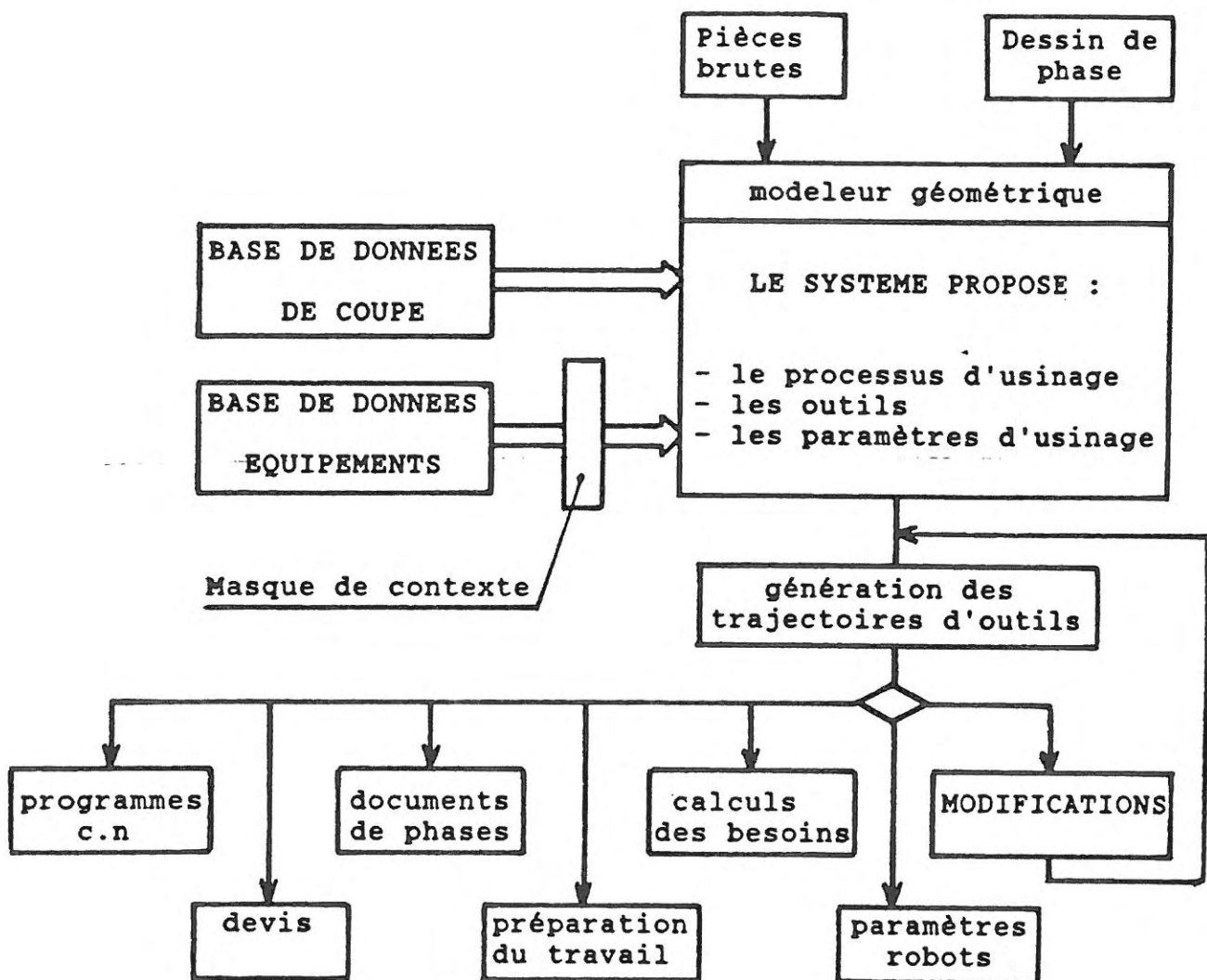
2 ANALYSE DU LOGICIEL LURPA-TOUR : (ref 1)

Le L.U.R.P.A s'est donné pour objectif, la réalisation d'un atelier flexible automatisé d'usinage constitué de trois cellules (fraisage, tournage et mesure), d'un magasin automatisé, et de deux chariots automoteurs filoguidés.

La production envisagée dans cette unité de production est de type sous traitance, en petites et moyennes séries. Les productions ne seront donc pas stabilisées, si bien qu'il faudra mettre en service fréquemment de nouvelles fabrications.

L'automatisation de la génération du processus d'usinage est la seule solution envisageable pour garantir un temps de préparation correct, et un choix de méthodes d'usinage compatible avec l'outillage disponible "en temps réel" (il n'est en effet pas possible de relancer des approvisionnements dans ce contexte).

ORGANISATION D'UN SYSTEME DE PHASE AUTOMATIQUE :



La connaissance de l'environnement est assurée par deux groupes de fichiers, structurés en bases de données. La première base permet de choisir les conditions de coupe les mieux adaptées à une opération d'usinage. La seconde doit permettre d'identifier avec le plus de précision possible le matériel disponible dans l'atelier, c'est à dire, les machines, les outils coupants, les portes outils, et les portes pièces.

Compte tenu d'un environnement en principe parfaitement connu le système va analyser les formes et la précision de la pièce à obtenir, pour proposer un processus d'usinage.

Ce choix automatique est en principe optimisé, mais le résultat peut être erroné ou incomplet. En effet, pour certaines pièces complexes, il faut prévoir que le logiciel ne propose pas de solution, ou une solution partielle. Il est même possible que la solution proposée ne soit pas acceptable, car tous les paramètres ne sont pas forcément maîtrisés (par exemple, risques de vibrations, de déformations de pièces ...). Il faut alors considérer que le système génère une proposition de gamme, proposition qui doit être validée ou partiellement modifiée par l'opérateur.

Un système de phase automatique permet d'obtenir les programmes de production, et de configuration (mesures et réglages des outils), pour les machines à commande numérique, ainsi que les paramètres nécessaires à la programmation des robots.

Tous les choix, les temps et les besoins étant connus, il est possible d'obtenir un devis précis ainsi que les informations nécessaires à la gestion de l'atelier, et aux postes de préparation du travail.

La conception des deux bases de données a fait l'objet d'une attention particulière pour pouvoir répondre au mieux aux règles appliquées par le système de recherche automatique de gamme. Actuellement, il est possible de gérer 999 machines, 32267 forets, 32267 portes plaquettes, 32267 types de plaquettes, réparties en 198 formes et 32267 portes outils.

Pour expliquer la structure de la base de données, il faut analyser quelques procédures du système de génération de gamme. La plus complexe est sans doute la procédure de choix d'un outil, car elle fait intervenir la totalité des fichiers.

CHOIX D'UN OUTIL :

Soit un contour à réaliser en ébauche. (voir figure 1.a). Il faut déterminer les angles K_r et K_r' (ref 34) maxi admissibles par l'outil et le rayon maxi de la plaquette. De plus, on souhaite si possible, dresser la face en premier, ce qui impose de chercher un outil à dresser capable de descendre suffisamment à proximité de la pointe tournante. (voir figure 1.b).

DESSIN DE PHASE :

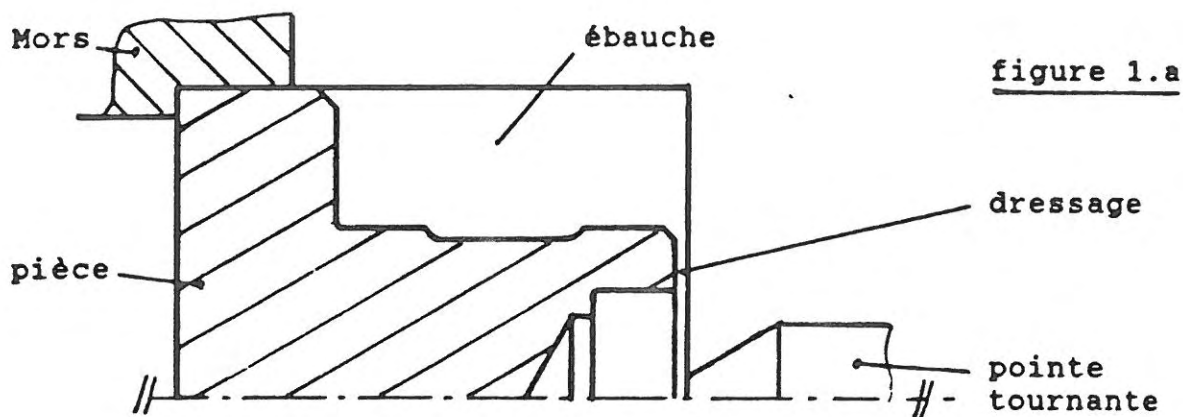


figure 1.a

ANALYSE DES CONTRAINTES :

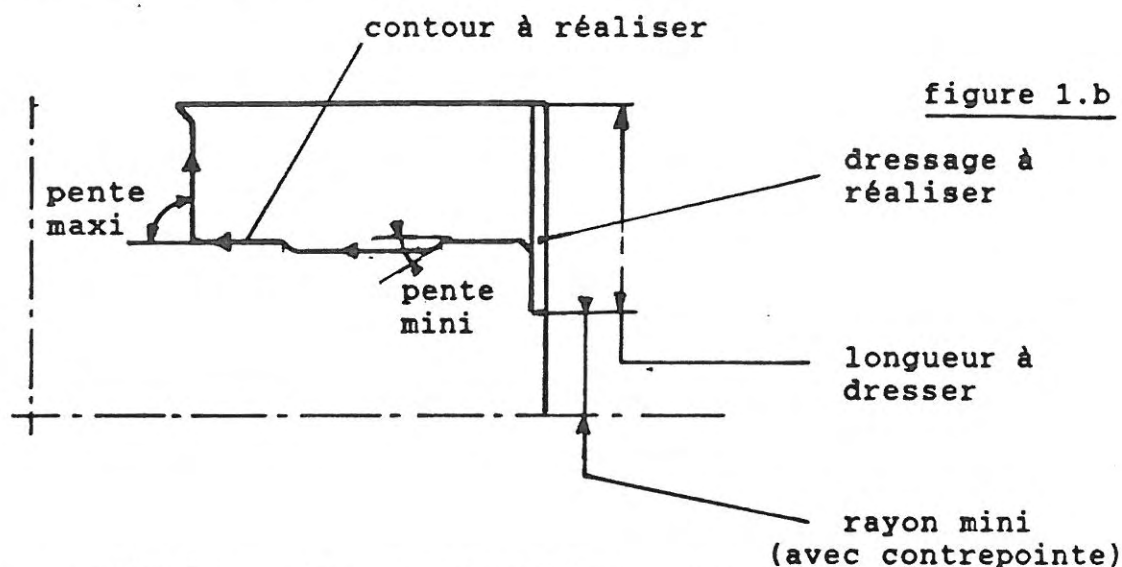
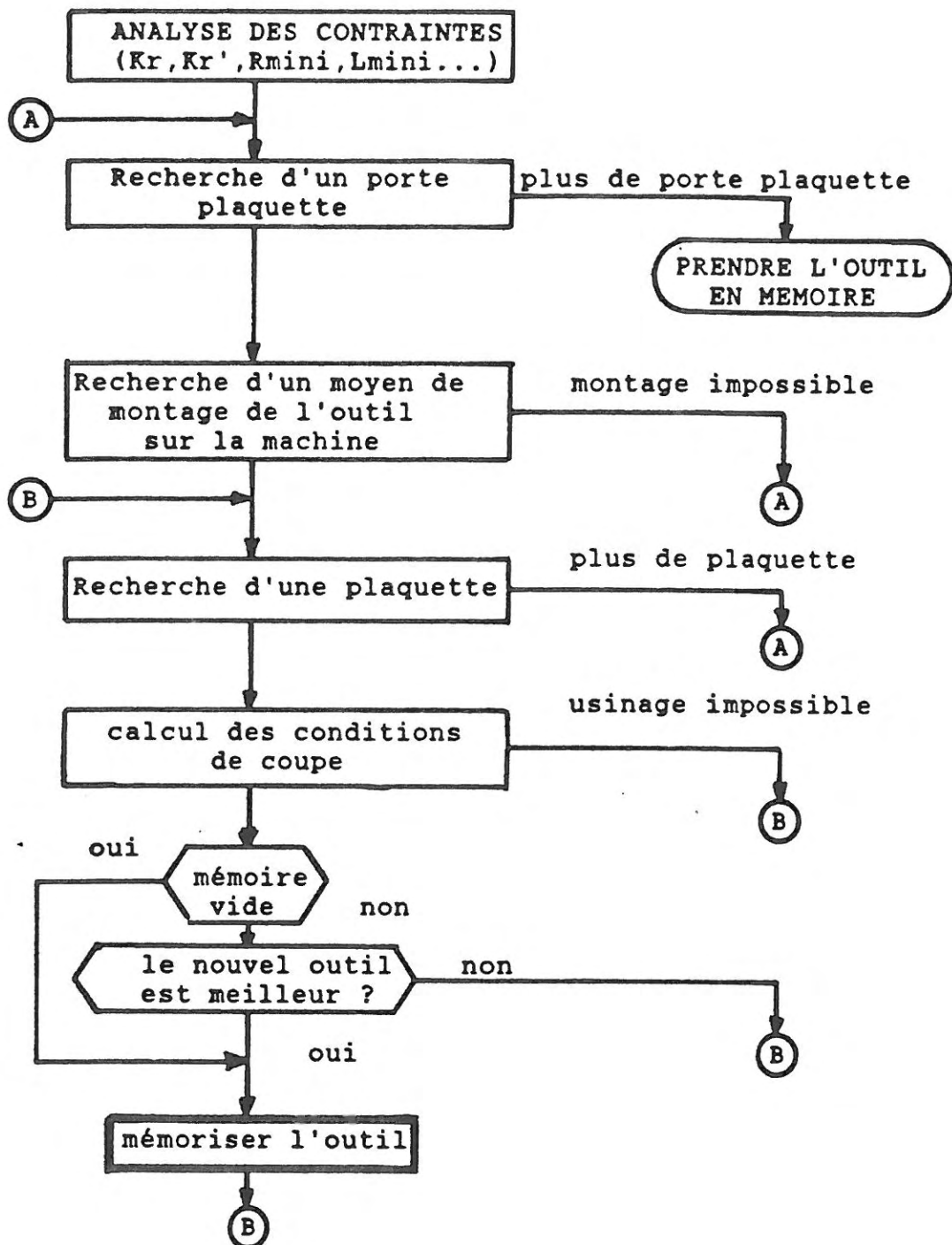


figure 1.b

Le principe de l'algorithme consiste à analyser successivement chaque outil de la base de données. Lorsqu'un outil correct est trouvé, ses caractéristiques sont mises en mémoire, puis la recherche continue jusqu'à ce qu'un nouvel outil soit obtenu. Les deux outils sont comparés. Seul le "meilleur" est alors mémorisé. La procédure se poursuit jusqu'au dernier outil, ce qui permet ainsi de sélectionner l'outil retenu.

Pour convenir, un outil (qui est constitué d'un porte plaquette et d'une plaquette) doit pouvoir être monté sur la machine grâce à un porte outil à sélectionner.

L'algorithme de choix de l'outil peut être décrit de la façon suivante :

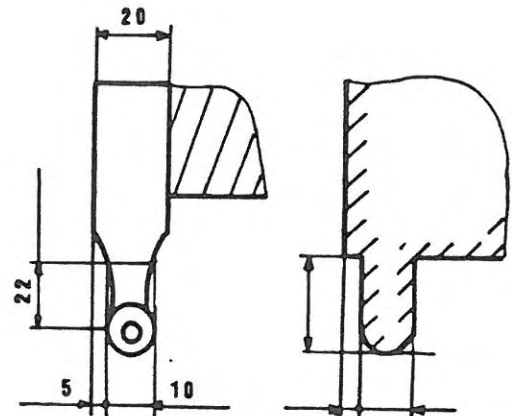
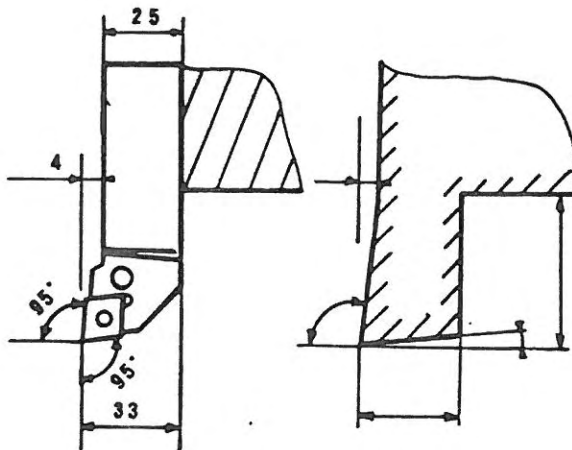


1°) Recherche d'un porte plaquette :

Pour décrire chaque porte plaquette de tournage, 26 paramètres ont été retenus, parmi lesquels se trouvent 9 paramètres dimensionnels, si bien que le logiciel peut se faire une "image" de l'outil considéré.

Ex 1 : Outil à charioter dresser
PCLNL 25 25 M12

Outil bouton
N179 39 20 20 10



outil réel

image

figure 2

outil réel

image

Dans l'exemple, l'outil de gauche ne peut pas convenir, car la pente descendante est trop inclinée (K_r trop petit sur l'outil). L'outil de droite ne convient que si la longueur à dresser est inférieure à 22 mm. Il faut ici remarquer que si aucun outil ne convient, il faut changer de procédure d'usinage !!!.

2 Recherche d'une plaquette :

Le porte plaquette envisagé accepte des plaquettes rondes de 10 mm de diamètre à fixation par levier, et sans dépouille. Dans les fichiers, cette caractéristique est définie par un paramètre choisi arbitrairement. Par exemple, nous avons retenu les codes suivants :

code forme	désignation	représentation						
1	CNM. 12 ..							
2	CNM. 19 ..	CNMA	CNMG	CNMG-15	CNMG-23	CNMG-61	CNMM	CNMM-71
..								
11	RCMX 10 ..							
12	RCMX 12 ..	RCMX	RCMX E					

Dans notre exemple, il faut rechercher des plaquettes de type 11. Il en existe dans différentes nuances, et avec différentes acuités d'arête. Pour permettre un choix, chaque plaquette est caractérisée par 15 paramètres.

Pour éliminer rapidement des solutions incompatibles avec la matière usinée, par l'intermédiaire d'un code, on attribue à chaque plaquette une note de 0 à 10, caractérisant son aptitude à usiner le matériau de la pièce. C'est ainsi que seront rejetées par exemple, les plaquettes pour alliages légers lorsqu'il s'agit d'usiner un acier.

3 Calcul des conditions de coupe : (ref 41)

La base de données de coupe permet de donner pour chaque matériau usiné et pour chaque nuance de plaquette :

- la durée de vie de l'outil (modèle de Taylor généralisé)

$$T = C \cdot V^n \cdot f^x \cdot a^y$$

- l'effort de coupe (modèle avec pression de coupe).

$$F = \alpha \cdot (f \cdot \sin Kr)^\beta$$

- pour les usinages non optimisables (gorges, filetages, trou de centre ...), on utilise une table qui donne la vitesse de coupe et l'avance recommandées pour chaque matière.

Le calcul des conditions de coupe doit être particulièrement fiable. Pour cela, on contrôle la puissance machine, le couple transmissible au mandrin (en tenant compte de l'effet centrifuge sur les mors), le porte à faux de la pièce, l'effort maxi admissible par la plaquette et le porte plaquette, et on tient compte de la forme du diagramme de brise copeaux.

La procédure utilisée est la suivante :

- calcul de l'effort de coupe maxi admissible :
 - . effort maxi sur la plaquette
 - . effort maxi sur le porte plaquette
 - . couple transmissible par le mandrin
 - . couple maxi disponible à la broche (couple moteur)
 - . effort de coupe limité en fonction du porte à faux.
- choix de l'avance
 - . respect de la rugosité
 - . respect du diagramme de brise copeaux.

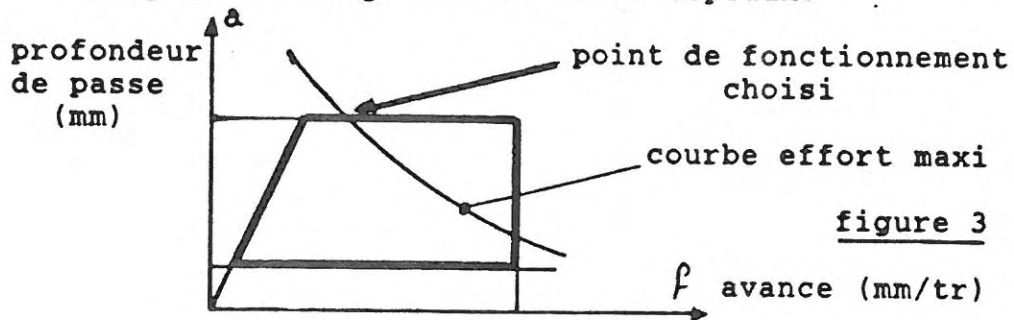


figure 3

- calcul de la vitesse de coupe économique : (ref 10,38)

$$V = V_e = \sqrt[n]{\frac{-(n+1) P_1}{C \cdot f^x \cdot a^y \cdot P_o}} \quad \begin{array}{l} P_1 = \text{coût machine} \\ P_o = \text{coût par arête de coupe} \end{array}$$

- calcul de la vitesse maxi compatible avec la puissance

$$V_l = \frac{60 \cdot \mathcal{P}}{F} \quad \mathcal{P} = \text{puissance disponible à la broche}$$

- choix : si $V_e > V_l$ prendre la vitesse limite : $V = V_l$.

4 Recherche d'un moyen de montage :

Ayant trouvé un porte plaquette et une plaquette convenables, il faut s'assurer qu'il existe bien un moyen de fixer cet outil sur la machine, ce qui correspond à rechercher les portes outils nécessaires. Pour cela, on utilise un fichier contenant les caractéristiques des portes outils et le principe des relations d'assemblages.

L'analyse de ce principe peut se faire sur un exemple. Soient deux types de portes plaquettes ayant respectivement des corps de sections carrées de 25 et de 20 mm de côté (respectivement de type 7 et 8). Il s'agit d'exprimer la condition de montage dans des portes outils dont les logements font respectivement 25 et 20 mm. Pour cela, on choisit arbitrairement le code désignant la forme de chaque corps d'outil et la forme de chaque porte outil, puis on écrit les relations d'assemblages possibles.

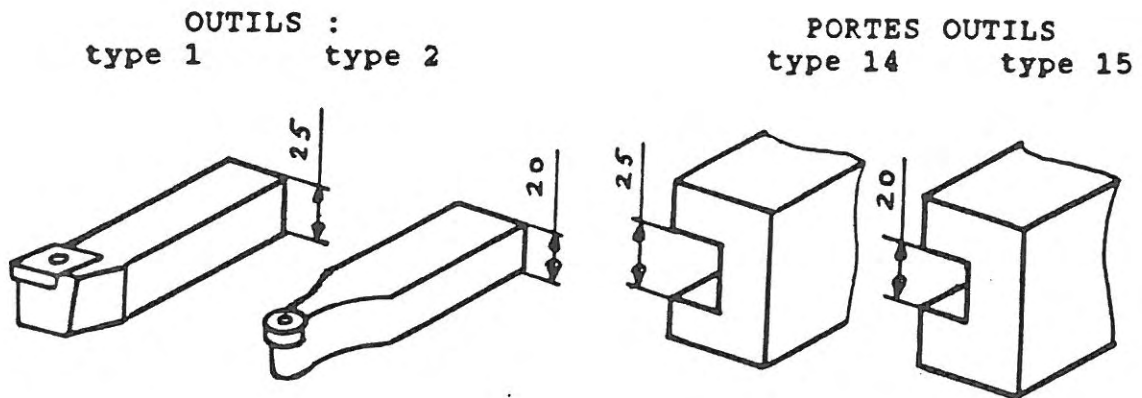


figure 4

Dans ce cas les relations d'assemblages sont :

l'outil	se monte sur
type 1	types : 14
2	: 15,14 (montage sur 14 avec des cales)

Chaque porte outil possédant de la même façon un type de fixation sur la machine ou sur un autre porte outil, il est possible de trouver un assemblage ayant un minimum de composants entre l'outil et la machine.

Cette procédure est particulièrement intéressante, parce qu'elle donne en même temps un ordre prioritaire d'assemblage, ordre qui ne peut pas être obtenu par une matrice de connexion.

5 Choix entre deux outils :

Lorsque deux outils conviennent, les critères retenus pour le choix sont les suivants :

- débit de copeaux le plus grand (à 5% près)
- risque de vibrations minimum (rayon mini si le porte à faux est grand).
- durée de vie la plus grande.

6 Notion de masque de disponibilité :

Lorsque l'on génère une gamme d'usinage, il faut tenir compte du matériel effectivement disponible, donc tenir compte du contexte de recherche.

- pour un devis, un approvisionnement est possible
- pour l'ordonnancement de l'atelier (à court terme), on tient compte des équipements immobilisés par les autres machines et les encours, et ceux qui sont déjà sur la machine pour la production précédente.
- pour relancer l'usinage en cas de rupture d'outil en production, il faut rechercher un outil de remplacement.

Le masque permet donc de rendre l'objet disponible ou non, suivant le contexte de recherche.

En conclusion, cet exemple montre bien la complexité de la structure des informations, mais surtout la finesse avec laquelle les données doivent être définies.

De plus, compte tenu du grand nombre d'objets à gérer, il est nécessaire d'adjoindre un jeu de pointeurs et des procédures de tris (non décrit ici), pour permettre une recherche très rapide d'un objet.

PRINCIPE DE GENERATION DE LA GAMME :

La démarche utilisée est purement algorithmique. Environ 50 règles (écrite en FORTRAN) suffisent pour générer l'ordre du processus d'usinage. Par contre, il faut déterminer environ 200 paramètres d'usinage par phase et 100 paramètres pour analyser et décrire les outils, ce qui nécessite beaucoup de calculs et d'accès aux fichiers.

L'ordre général d'usinage est obtenu grâce à une gamme type paramétrée, et une procédure de reconnaissance de forme qui sépare le contour de la pièce en différentes zones.

- 1 zone extérieure
- 2 zone frontale
- 3 dressage
- 4 zone intérieure

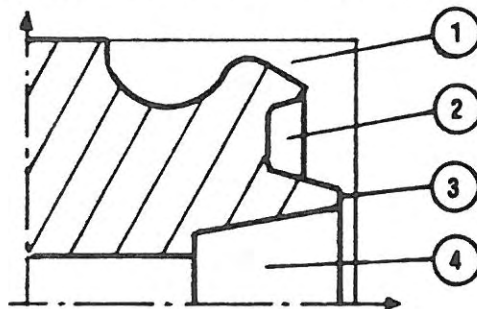


figure 5

La même gamme type étant appliquée à toutes les pièces, elle est très difficile à représenter de manière complète. Par contre, si on ne retient que les usinages mis en oeuvre pour les pièces courtes usinées en l'air, nous obtenons le principe suivant :

Les opérations de la colonne de gauche sont exécutées sauf si une des conditions de droite est remplie.

<u>OPERATIONS</u>	<u>SAUF SI</u>
dressage ébauche	- surépaisseur trop faible sur la face - pas d'outil
ébauche extérieure	- pas de forme extérieure - pas d'outil
perçage	- pas de forme intérieure - ébauche creuse suffisante - pas d'outil
ébauche intérieure	- pas de forme intérieure - pas d'outil
contournage intérieur finition	- pas de forme intérieure - pas d'outil
contournage extérieur finition	- pas de forme extérieure - pas d'outil
dressage finition	- pas de dressage sur la pièce - pas de matière - pas d'outil

Dans le cas des pièces longues il faut ajouter la gestion de la contrepointe, la mise en place de cimblots, ce qui impose de faire un trou de centre et de déplacer les opérations de dressage finition.

L'ordre pré-établi a été choisi pour éviter les ébauches après les finitions (échauffements et déformations), pour tenter d'utiliser un même outil pour le dressage et pour les usinages extérieurs, et surtout pour refouler les bavures du dressage finition dans les chanfreins extérieurs et intérieurs.

Pour chacune de ces opérations plusieurs procédures d'usinage sont prévues, classées dans un ordre préférentiel (paramétré).

Exemple de procédures en contournage extérieur de cuvettes:

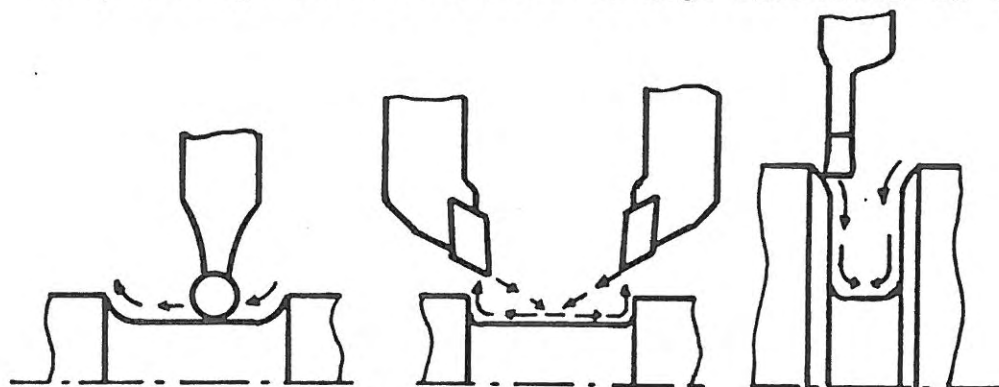
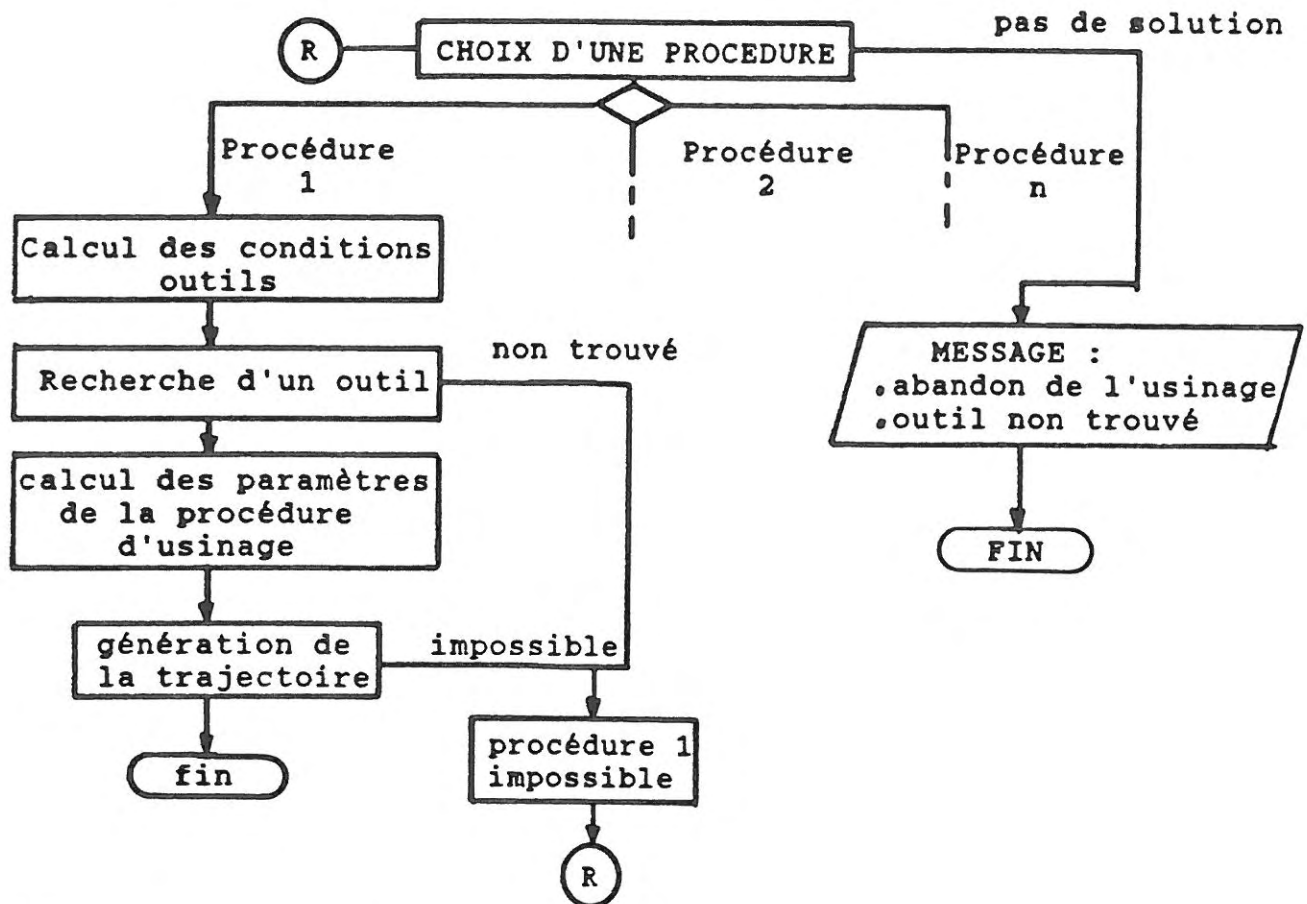
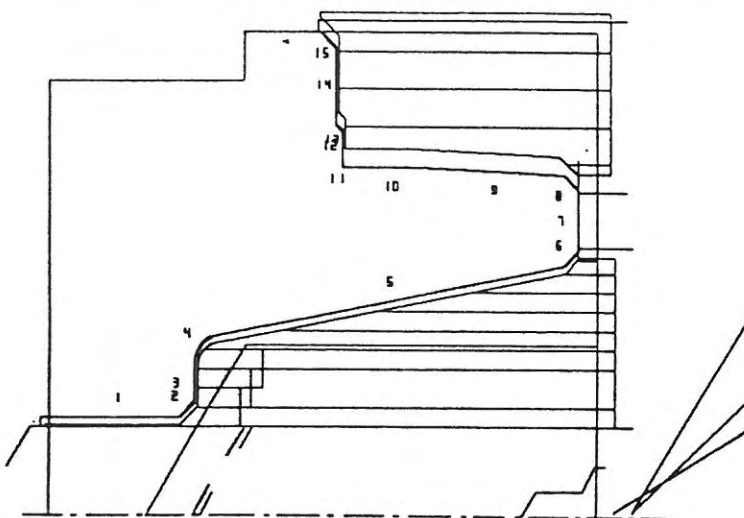


figure 6

L'organigramme est le suivant :



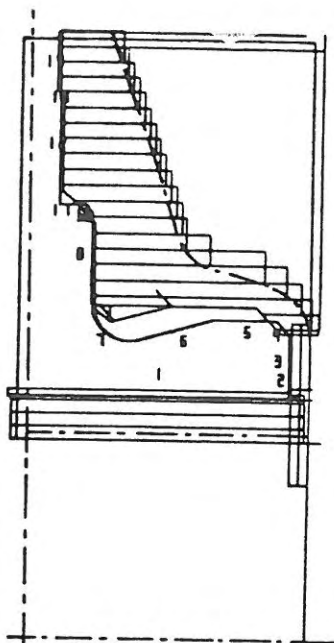
ANALYSE DU RESULTAT SUR 2 EXEMPLES :



Pièce courte
alésage conique

TEMPS :
12 minutes

NUMERO OPERATION	DESIGNATION	CODE OUTIL	TEMPS COPEAU	TEMPS CYCLE	OUTIL
1	DECOUPAGE EXTERIEUR	17	1.83	1.86	PCLNL2525M19
2	TROU DE CENTRE	11	.22	.22	FORET A CENTRER
3	PERCAGE FORET 18.00	25	.93	1.03	
4	PERCAGE FORET 35.00	26	.64	.67	
5	DECOUPAGE INTERIEUR	27	.66	.71	S12MSCLCLO6
6	CONTOURNAGE INTERIEUR	27	.23	.24	S12MSCLCLO6
7	CONTOURNAGE EXTERIEUR	16	.30	.31	PCLNL2525M12
8	DRESSAGE LONGUEUR	16	.09	.09	PCLNL2525M12
TEMPS TOTAL D'USINAGE			4.89	6.43	



Pièce préformée
(ébauche creuse)

TEMPS
20 minutes

NUMERO OPERATION	DESIGNATION	CODE OUTIL	TEMPS COPEAU	TEMPS CYCLE	OUTIL
1	DECOUPAGE EXTERIEUR	21	2.98	3.06	N17639 2525 12
2	DECOUPAGE EXTERIEUR	21	.12	.12	N17639 2525 12
3	DRESSAGE LONGUEUR 40.300	21	.43	.44	N17639 2525 12
4	DECOUPAGE INTERIEUR	29	.95	.98	S25TSCLCLO9
5	CONTOURNAGE INTERIEUR	29	.20	.21	S25TSCLCLO9
6	CONTOURNAGE EXTERIEUR	19	.96	.96	SVJBL2525M16
TEMPS TOTAL D'USINAGE			5.64	6.62	

Remarque : le temps indiqué pour la programmation inclut l'introduction interactive du dessin, la génération automatique de la gamme et la sortie complète du programme C.N. et du devis.

3 CONCLUSIONS :

La fiabilité obtenue par cette méthode est remarquable, car il est tout à fait possible d'usiner sans aucune modification du programme C.N. Les conditions de coupe sont correctes et les dégagements d'outils parfaitement contrôlés.

La prise en compte des éléments effectivement disponibles, le calcul précis des temps ($\pm 5\%$), la connaissance des besoins permettront de gérer correctement la cellule de tournage.

La démarche de phase automatique s'avère réalisable et exploitable en milieu industriel (*). Bien sûr, les résultats vont dépendre de la base de données et des outils disponibles.

(*) LURPA-TOUR est diffusé sous le nom POLY-TOURGAM par la société POLYSOFT (ref 2).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 "AUTOMATISATION DU TOURNAGE EN COMMANDE NUMERIQUE"
B.ANSELMETTI
Thèse 3eme cycle au Laboratoire Universitaire de Recherche
en Production Automatisée
(ENS CACHAN) soutenue le 6 juin 1985
- 2 POLY-TOURGAM est commercialisé par la société POLYSOFT
32, rue Pierret, 92200 Neuilly (FRANCE) (1) 46 24 93 94
- 3 "SURVEY OF COMPUTER - AIDED PROCESS PLANNING SYSTEM"
R.WEILL, G.SPUR, W.EVERSHEIM
Annals of the CIRP, Vol 31/2/1982
- 4 "LE SYSTEME CETIM P.M.G"
CETIM Information n°44 et 97 octobre 1986
C.de L'ETANG
- 5 "FABRICATION INDUSTRIELLE"
DUNOD
H.LONGEOT, L.JOURDAN
- 6 "MULTICLASS" (T.G.A.O)
ADEPA (Montrouge FRANCE)
- 7 Logiciel "PROGAM"
ADEPA
- 8 Logiciel "AUTOGAM"
GRAPHAEI-CETIM Senlis
- 9 Cours de DEA "FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR"
B.MUTEL
- 10 Cours "FABRICATION GENERALE "
ENS CACHAN
P.BOURDET
- 11 "REPRESENTATION D'EXPLOITATION DE CONNAISSANCES EXPERTES EN
GENERATION DE PLANS D'ACTIONS - APPLICATION A LA CONCEPTION
AUTOMATIQUE DE GAMME D'USINAGE"
Thèse de troisième cycle - INP GRENOBLE, décembre 1981
Y.DESCOTTE.
- 12 "ELABORATION DES REGLES DE FABRICATION ET EXPERIMENTATION
D'UN PROGRAMME DE GAMMES AUTOMATIQUES PAR INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE"
DEA Mécanique Appliquée à la construction.
LURPA (ENS CACHAN)
D.BREGARD, P.LE PIVERT.
- 13 Logiciel GARI
LURPA (ENS CACHAN) - ADEPA (MONTROUGE) - IMAG (GRENOBLE)

- 14 "GENERATION AUTOMATIQUE DE PROCESSUS D'USINAGE"
Mécanique Matériaux Electricité 1987 (à paraître)
E.LEFUR, F.VILLENEUVE, P.BOURDET.
- 15 "STRATEGY IN GENERATIVE PLANNING OF TURNING PROCESSES"
F.J M.van Houten, Twente University of Technology/Netherlands - Submitted by H.J.J.Kals.
- 16 "COATS : an Expert Module for Optimal Tool Selection"
F.Giusti, M.Santochi, G.Dini
Istituto di Tecnologia Meccanica
Pisa University /Italy
- 17 "THE USE OF EXPERT SYSTEMS IN PROCESS-PLANING"
B.J. DAVIES and L.DARBYSHIRE
Annals of the CIRPS Vol 33/1/1984
- 18 "TOJICAP - A SYSTEM OF COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING
SYSTEM FOR ROTATIONAL PARTS"
S.ZHANG, W.D.GAO,
Annals of the CIRPS Vol 33/1/1984
- 19 "FUZZY PATTERN RECOGNITION OF THE METAL CUTTING STATES"
M.WANG, J.Y. ZHU, Y.Z.ZHANG
Annals of the CIRPS Vol 34/1/1985
- 20 "DIFFICULTIES IN TOOL LIFE PREDICTING WHEN TURNING WITH
VARIABLE CUTTING PARAMETERS"
K.JEIELNIAK, M.SZAFARCZYK, J.ZAWISTOWSKI
Annals of the CIRPS Vol 34/1/1985
- 21 "AN INTEGRATED CAD/CAM SYSTEM FOR ROTATIONAL PARTS INCLUDING
A TECHNOLOGICAL HIGH-CAPACITY PROGRAMMING SYSTEM".
D.KOCHAN, J.HARTMAN, J.SAMISCH
Conférence PROLAMAT 11-13 juin 1985 (PARIS)
- 22 "NEW OPTIMIZATION MODEL FOR CUTTING PROCESSES IN UNMANNED
MACHINING CELLS AND FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM."
H.J. JACOBS
Conférence PROLAMAT 11-13 juin 1985 (PARIS)
- 23 "PRESENT TENDENCIES IN COMPUTER AIDED PROCESS PLANING"
R.D. WEILL
Conférence PROLAMAT 11-13 juin 1985 (PARIS)
- 24 "AUTOMATIC GENERATION OF GT CODES FOR ROTATIONAL PARTS FROM
CAD DRAWING"
Esfandiar Kamvar Mand Michel A.Melkanoff
Conférence PROLAMAT 11-13 juin 1985 (PARIS)
- 25 "SELECTION OF TOOL FOR FINISHING OPERATIONS ON TURNED COMPO-
NENTS"
S.HINDUJA et B.KROEZE
Conférence PROLAMAT 11-13 juin 1985 (PARIS)

- 26 "APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS IN PROCESS PLANNING"
B.J.DAVIES
Annals of the CIRP Vol 35/2/1986
- 27 "F.A.O : FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR" .
Volume 2 (HERMES). p275
Mikell P.GROOVER
- 28 "LA T.G.A.O : UNE TECHNOLOGIE D'ORGANISATION EN PRODUCTIQUE.
SON ADAPTATION AUX P.M.I"
D.MORIN
Convention Automatique Production. Décembre 1985
- 29 "ETAT D'AVANCEMENT DES SYSTEMES AUTOMATIQUES D'ETABLISSEMENT
DES GAMMES DE FABRICATION"
R.WEILL
2eme journées scientifiques et techniques de la production
automatisée. Nancy juin 1979.
- 30 "ACTIVITES DU GROUPE RECHERCHE INDUSTRIE SUR LA FABRICATION
ASSISTEE PAR ORDINATEUR"
B.MUTEL
2eme journées scientifiques et techniques de la production
automatisée. Nancy juin 1979.
- 31 "ETUDE DES LIMITES DES PARAMETRES DE COUPE EN VUE D'UN CHOIX
AUTOMATIQUE DES OUTILS ET DES CONDITIONS DE COUPE"
L.MATHIEU
Thèse soutenue le 24 avril 1986 L.U.R.P.A - ENS CACHAN
- 32 "VERKTYGSVAL OCH OPERATION FOLD HALBEARBETNING"
IVF résultats, n°77629, septembre 1977
- 33 "PROJET ECLAIR"
Ecole Centrale de LYON"
- 34 norme NF E 66 502 dec 1978
"GEOMETRIE DE LA PARTIE ACTIVE DES OUTILS COUPANTS"
- 35 "AUTOMATED PROCESS PLANNING SYSTEMS AN OVERVIEW OF TEN YEARS
OF ACTIVITIES"
R.A. WYSK
1er CIRP WORKING SEMINAR
ON COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING (janvier 1985).
- 36 "A THREE STEPS APPROACH IN COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING"
C.SAUVAIRE, D.MORIN
1er CIRP WORKING SEMINAR
ON COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING (janvier 1985).
- 37 "GENERATION AUTOMATIQUE DE GAMMES D'USINAGE ET SYSTEMES
EXPERTS"
C.ROCHE, P.CLEMENT
Bureau d'études automatismes n°27

- 38 "PRODUCTION MECANIQUE - FABRICATION GENERALE"
B.ANSELMETTI, P.PADILLA, L.MATHIEU, M.RABOYEAU
DUNOD
- 39 "COMPUTER - AIDED DESIGN OF PART SPECTRUM DATA BASE AND ITS
APPLICATION TO DESIGN AND PRODUCTION"
J.PEKLENIK, J.GRUM
Annals of the CIRP Vol 31/2/82
- 40 "SURVEY OF COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING SYSTEMS"
1er CIRP WORKING SEMINAR
ON COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING (janvier 1985).
- 41 "DETERMINATION DES CONDITIONS DE COUPE"
B.ANSELMETTI
Cours ENS CACHAN