

Tool Automatic Choice: A Step to Elaborate Automatically Process Planning

L. Mathieu, P. Bourdet (2) — Submitted by F. Le Maître (1)

L.U.R.P.A., Cachan/France

Received on February 27, 1987 — Accepted by the Editorial Committee

The objective of study has been to define for every machining operation, a general methodology of optimum tool choice under its conditions. This leads to a two levels tool classification: machining technique and operation. The methodology based on successive questions and criteria of divers natures, leads to choice specific parametric tool definition, rigorous of each operation type and to the basic equipment required of machining process (machine tool, part fixture, tool fixture). The automatic choice consist in matching definition parameters of an operation with tool characteristic parameters. Some tool parameters are chosen from geometrical and technological matching tests. When achieved, the choice integrate the tool service conditions. The cutting conditions identification method developed relies on linear programming. The methodology has been applied to external turning for the first level and to the cylindrical turning operation for the second level.

KEY WORDS: Tool choice, Tool definition parameters, Machining optimisation, Process planning.

1-INTRODUCTION:

L'objectif de la commande d'un processus d'usinage est de déterminer une stratégie s'appliquant sur des moyens et sur un produit brut pour aboutir à un produit fini aux qualités prescrites par un dessin de définition.

Cette stratégie vise généralement à rendre optimum un ou plusieurs critères (coût minimum, production maximale,...). Elle s'applique sur des moyens choisis pour rechercher les conditions optimales de fonctionnement.

L'outil coupant est l'élément du Processus Élémentaire d'Usinage (P.E.U.; ensemble constitué de la machine, de la pièce, de l'outil, du porte-pièce, du porte-outil) en relation directe avec la pièce à réaliser. De son choix et de son utilisation entre autres dépendent la qualité et les performances du processus.

Nous considérons que la détermination automatique des gammes d'usinage passe par la décomposition de la pièce en entités d'usinage (surface ou groupe de surfaces générées par le passage d'un outil). A chaque entité d'usinage est associé un type d'opération et par conséquent un type d'outil.

Nous avons donc envisagé le choix automatique de l'outil optimum au niveau de l'opération d'usinage, les autres éléments du P.E.U. étant déjà choisis et connus. [1]

Les difficultés rencontrées pour élaborer ce choix automatique sont plus dans la préparation de la base de données que dans le choix proprement dit:

- L'éventail des solutions outils pour réaliser une opération d'usinage est vaste et varié.
- L'évolution des moyens est permanente et il faut être en mesure d'intégrer de nouvelles solutions.
- Le nombre de paramètres à considérer est grand et leurs influences sur les phénomènes pris en compte sont encore mal connues.
- Les règles appliquées par les techniciens des méthodes ne s'expliquent pas toujours et reposent dans bien des cas sur une expérience non formalisée.
- ...ect.

Face à ces difficultés, nous avons recherché une méthodologie de choix des outils qui intègre la préparation des données et des connaissances et qui définit les niveaux et les critères de choix.

2-METHODOLOGIE DE CHOIX DES OUTILS COUPANTS:

2-1 Définition des données associées à un type d'opération d'usinage.

Nous avons vu qu'un type d'opération d'usinage correspond à une entité d'usinage.

A chaque type d'opération est donc associé une forme volumique paramétrée. Les paramètres appelés paramètres de définition caractérisent l'opération considérée.

Exemple:

Type de l'opération ---> Paramètres de définition
Perçage débouchant ---> + D diamètre du trou
+ P profondeur du trou
+ tolérance diamétrale
+ état de surface
+ désignation du matériau
+ dureté
+ résistance mécanique
+ structure

A ce stade de la méthodologie, on constate que le choix de l'outil est en partie ébauché.

En effet, pour une forme volumique identique caractérisée par une tolérance diamétrale et un état de surface se situant en dessous d'un certain seuil, l'opération considérée aurait été une opération d'alésage débouchant.

Cette remarque situe le niveau du choix automatique de l'outil.

2-2 Classification des outils coupants:

L'objectif de cette étape est de recenser l'ensemble des solutions outils existant sur le marché ou dans l'entreprise qui répond aux diverses opérations d'usinage. Ce travail doit permettre de remettre en cause les solutions routinières et doit conduire à un paramétrage sans équivoque de l'outil coupant.

Définition de l'outil coupant:

L'outil coupant est l'élément du processus élémentaire d'usinage en liaison avec le porte-outil et la pièce. Il est constitué de deux parties, respectivement l'attachement et la partie active de laquelle nous distinguons la géométrie et le matériau.

Classification:

Nous avons considéré deux niveaux de classification:

+ Un niveau procédé d'usinage:

Dans ce niveau les outils sont classés en trois familles à partir des procédés d'usinage, tournage, fraisage, perçage point à point. Dans chaque famille, les outils se distinguent par le type de l'opération d'usinage envisagée.

+ Un niveau opération d'usinage:

Pour chaque type d'opération d'usinage, plusieurs types d'outils peuvent être envisagés. Un type d'outil se distingue d'un autre par la spécificité de son domaine d'utilisation et par ses limites.

Exemple:

Type de l'opération -----> Types d'outils
Perçage débouchant -----> + foret hélicoïdal
+ foret lame
+ languette d'aspic
+ foret à partie active à jeter

2-3 Paramétrage des outils:

Pour chaque type d'outil, nous décrivons les variantes à partir d'un paramétrage minimum. Ce paramétrage porte sur les différences constructives des outils sans chercher à connaître les effets des différences constatées sur le processus. Il porte à la fois sur l'attachement et sur la partie active. Ces paramètres, appelés paramètres caractéristiques, caractérisent tout outil dans un type.

Exemple:

Type d'outil -----> Paramètres caractéristiques
Perçage débouchant -----> + type d'attachement
+ diamètre
+ longueur taillée
+ angle d'hélice
+ matériau
+ coût

Cette étape représente un énorme travail documentaire mais s'avère indispensable pour la bonne constitution d'une base de données précise sur les outils coupants.

2-4 Niveaux de choix des outils:
Choisir un outil coupant va consister à rechercher l'adéquation entre les paramètres de définition de l'opération et les paramètres caractéristiques des outils.

Ceci veut dire que pour chaque opération d'usinage, il faut:

- 1-définir l'ensemble des solutions possibles parmi l'ensemble des solutions existantes.
- 2-retenir parmi l'ensemble des solutions possibles, les paramètres de définition de l'opération pouvant constituer une base de sélection.
- 3-choisir la ou les solutions qui satisfont le mieux un ou plusieurs critères de choix.

Cette démarche nous a conduit à considérer plusieurs niveaux de choix:
un niveau Processus Élémentaire d'Usinage
un niveau opération d'usinage.

+ Niveau P.E.U.

Le choix à ce niveau vise à définir un standard d'outils représentatif des fabrications réalisées ou envisagées dans l'entreprise. Ce standard constitue l'ensemble des solutions possibles de réalisation des opérations d'usinage sur chaque P.E.U., il représente la base de données outils du niveau aval.

Compte-tenu de l'évolution permanente des moyens et de l'enrichissement continu des connaissances, la structure de cette base de données doit permettre une mise à jour facile.

Le choix des outils du standard doit répondre à des critères "fonctionnels" de faisabilité et des critères "de performance" d'exécution de l'opération. Les objectifs recherchés par la standardisation sont multiples et visent globalement à permettre le choix automatique au niveau opération et à minimiser les coûts de production.

Le traitement de ce niveau est manuel.

+Niveau opération d'usinage: (fig n°1)

L'ensemble des solutions possibles étant constitué, le choix à ce niveau vise à définir les outils envisageables et l'outil optimum pour la réalisation d'une opération d'usinage donnée.

Ce choix se déroule en deux temps:

Premier temps, choix des solutions envisageables.[2]

Pour certaines opérations d'usinage, la solution est unique et dans ce cas le choix est immédiat.

pour d'autres, les solutions possibles comportent plusieurs types d'outils et plusieurs outils pour un type. Il faut alors rechercher les paramètres de définition de l'opération qui permettent de constituer une base de sélection. Elaborer les règles qui satisfassent les critères fonctionnels de faisabilité pour réaliser le choix du type ou des types d'outils.

Lorsque pour un type d'outil, plusieurs outils sont possibles, considérer chaque paramètre caractéristique des outils du type et rechercher les règles ou lois qui les lient aux paramètres de définition.

A l'issue de cette étape, le système propose plusieurs outils envisageables.

La méthode retenue pour cette première étape utilise un système expert. Le choix de cette méthode a été guidé par le besoin de mise à jour des solutions outils et par la souplesse qu'elle offre pour l'actualisation des connaissances.

Deuxième temps, choix des solutions optimales classées.[3]

Dans cette étape, les éléments du Processus Élémentaire d'Usinage sont choisis et parfaitement définis, on procède alors à la détermination des conditions de coupe sous contraintes pour chaque solution envisageable.

La base des données outils est complétée par les limites des éléments du P.E.U. et par les constantes des lois régissant le couple outil matière pour chaque opération.

Les critères de choix sont ici des critères de performance. On cherche les conditions de coupe optimales qui satisfont le coût ou le temps minimum de l'opération tout en respectant les limites des éléments du P.E.U..

La méthode mise en oeuvre est basée sur la méthode du SIMPLEXE. Elle consiste à résoudre un programme linéaire pour lequel les variables doivent satisfaire un ensemble d'équations, ou (et) d'inéquations linéaires dites contraintes et une fonction linéaire dite fonction objectif qui doit être minimale ou maximale.

La aussi, le choix de cette méthode a été conditionné par le souci de pouvoir modifier ou introduire de nouvelles contraintes sans avoir à remettre en cause les algorithmes de traitement. Elle offre de plus l'avantage de fournir une simulation graphique du domaine des contraintes et d'indiquer à l'utilisateur la position du point de fonctionnement et des limites atteintes.

Chaque outil est ainsi simulé et classé en fonction de ses performances, reste alors à l'utilisateur le choix éventuel de la solution à retenir.

4-APPLICATION:

La méthodologie a été appliquée aux opérations de tournage extérieur: dressage, chariotage, contournage (copiage en montant, copiage en descendant).(fig.n°2).

L'analyse des outils disponibles sur le marché nous a conduit à retenir la désignation ISO de description de la géométrie des porte-plaquettes et des plaquettes, soit respectivement douze paramètres caractéristiques. La désignation des matériaux outil retenu est celle des fabricants.

Compte-tenu de la grande variété des solutions et des combinaisons des porte-plaquettes et des plaquettes, nous avons considéré l'outil de tournage dans sa macro définition.

+ Choix des outils au niveau du P.E.U.

Avec cette classification, nous avons recherché un standard d'outils pour nos fabrications.

Exemple de démarche: Recherche des solutions possibles; géométrie du porte-plaquette.

Opération de chariotage avec épaulement ;cas 3 de la fig. n°2.

A partir des solutions envisageables (fig n°3) nous avons élaboré et appliqué les règles suivantes:

Si les épaulements sont de faible hauteur

Alors l'outil (A) à plaquette triangulaire (Kr=90°) peut être envisagé.

Si les rayons de raccordement entre cylindre et plan sont torriques et

Si la rigidité des pièces et des porte-pièces est suffisante

Alors l'outil à plaquette ronde (G) peut être retenu.

Le choix entre les autres outils (J) à plaquette triangulaire (Kr=93°,Er=60°) et à plaquette rhombique (Kr=95°,Er=80°; Kr=93°,Er=55°;

Kr=93°,Er=35°) se fera en considérant la règle suivante:

rechercher l'angle de pointe (Er) maximum pour avoir une meilleure résistance de la pointe de l'outil; Er=35°,55°,60° sont à déconseiller dans cet ordre.

Outil dédié au chariotage avec épaulement: outil (L) Kr=95°,Er=80°.

Chaque paramètre caractéristique des outils a fait l'objet d'une recherche de règles et de critères permettant de justifier le choix des solutions.

A l'issue de cette étape, pour réaliser les opérations envisagées nous sommes arrivés à un standard constitué de onze géométries de porte-outils (fig n°4) classés comme ci-dessous:

+ deux outils indispensables (1 et 2).

+ six outils nécessaires (3-4-5-6-7-8)

+ trois outils utiles (9-10-11)

Ce nombre est un minimum et doit être augmenté si l'on souhaite dissocier l'ébauche et finition.

Sur les 24 paramètres caractéristiques des outils envisageables, seuls 6 restent à choisir au niveau opération:

Trois paramètres pour le porte-plaquette

+ type d'outil (Kr).

+ sens de travail.

+ longueur de l'arête tranchante.

Trois paramètres pour la plaquette

+ matériau.

+ géométrie du brise-copeau.

+ rayon de bec.

+ Choix des outils au niveau opération:

Exemple: opération de chariotage ébauche avec épaulement (fig n°5).

Paramètres de définition de l'opération (fig n°6).

Choix de l'outil, premier temps (fig n°7).

Le choix fait par le système pour ce cas de figure est immédiat, la base de données outils comporte 3 outils possibles :

- l'outil 3 est rejeté pour l'opération de chariotage avec épaulement.

- l'outil 5 est rejeté, rayon de raccordement souhaité <= 1mm.

- seul subsiste l'outil 1.

Le matériau outil est conditionné pour cette opération de chariotage par la classe du matériau pièce.

La géométrie du brise-copeau choisie est celle dans la base de données qui a la capacité de coupe maximale. Le rayon de bec de l'outil est conditionné par le rayon de raccordement.

Choix de l'outil: deuxième temps. (fig. n°8).

L'optimisation des conditions de coupe propose la réalisation de l'opération en deux passes et la simulation fait apparaître pour les deux passes la limite atteinte n°9 (vitesse d'avance limitée par le brise copeau).

C'est la seule solution que peut proposer le système puisque la géométrie de la plaquette choisie est celle qui a la plus grande capacité de coupe.

L'utilisateur pourrait éventuellement introduire dans la base de données une géométrie d'une capacité plus grande.

5-CONCLUSIONS:

La méthodologie proposée procède graduellement à la définition d'un outil adapté à une opération d'usinage.

Elle met en place différents niveaux de choix qui permettent de dissocier les difficultés et de les traiter au bon moment.

Le niveau P.E.U. représente l'étape la plus importante pour la réalisation d'un système de choix automatique d'outils.

Une mauvaise analyse des opérations à traiter et une étude incomplète des outils solutions conduisent à réaliser une base de données technologiques non performante de laquelle dépendent les solutions finales.

Les méthodes utilisées dans le niveau opération sont très séduisantes pour l'objectif visé cependant elles nécessitent de formaliser le savoir faire et demandent une expérimentation poussée.

REFERENCES:

- 1) MATHIEU L., Etude des limites des paramètres de coupe en vue d'un choix automatique des outils et des conditions de coupe, THESE de DOCTORAT Ecole Centrale Paris, Avril 1986.
- 2) GIUSTI F., SANTOCHI M., DINI G., COATS: an expert module for optimal tool selection, CIRP Annals vol 35/1/1986 pp.337-340.
- 3) MUTEL BE., la commande optimale du processus d'usinage, THESE de DOCTORAT ES SCIENCES Université de Metz, Juin 1978.

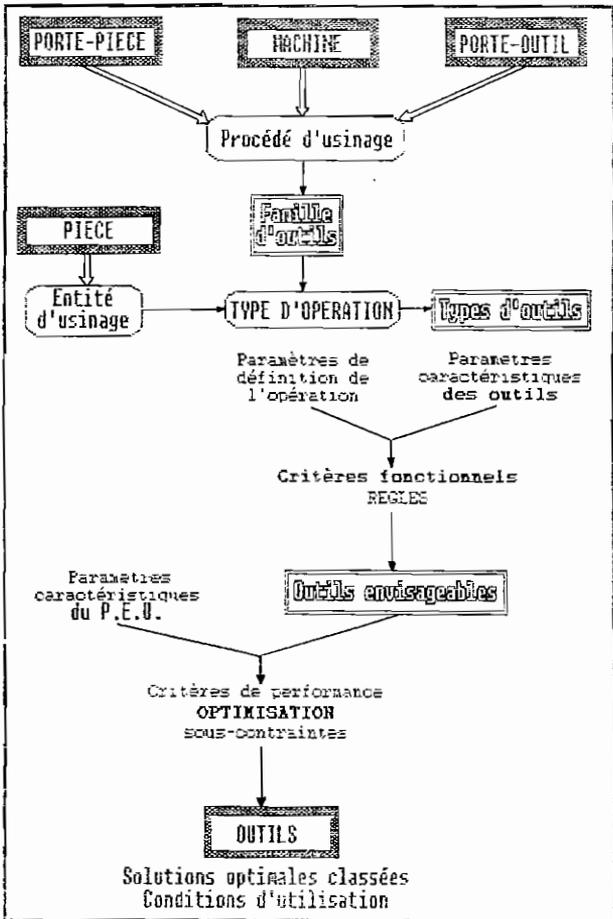


Fig. 1

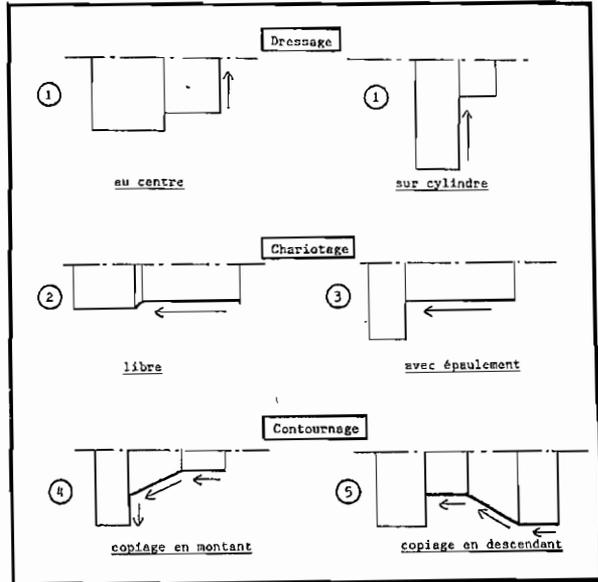


Fig. 2

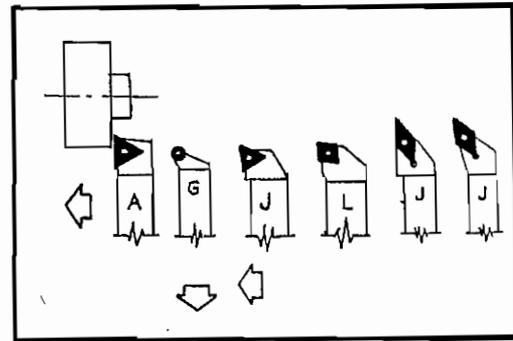


Fig. 3

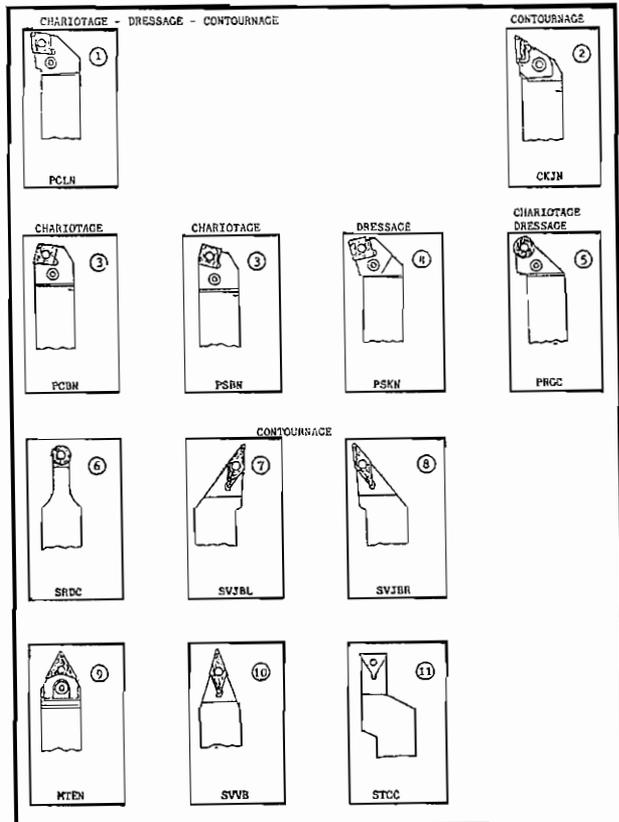


Fig. 4

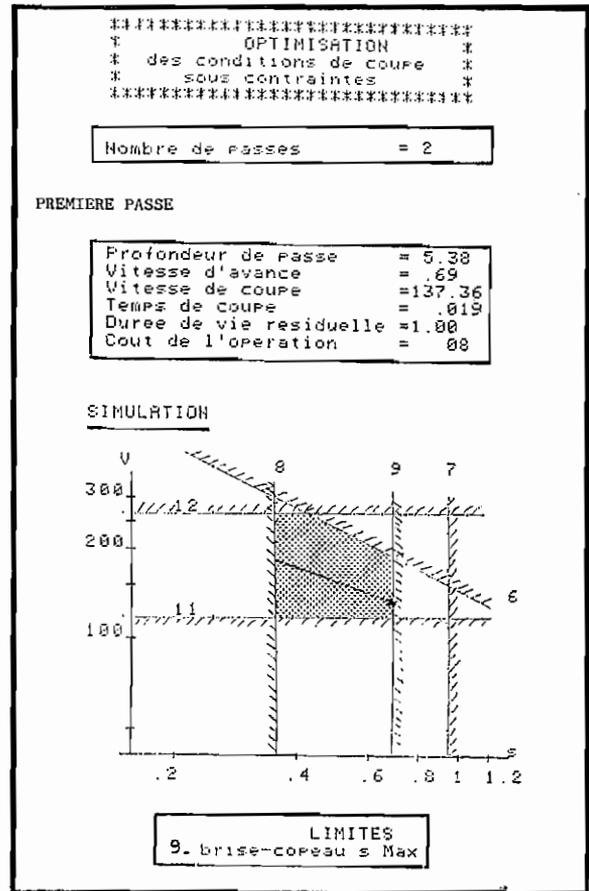
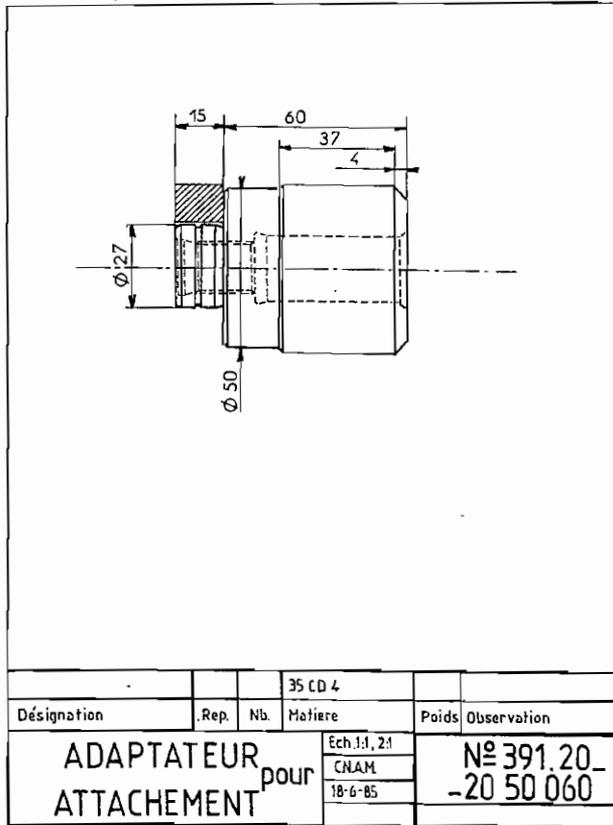


Fig. 8-1

Identification de la piece :
ADAPTATEUR POUR ATTACHEMENT
numero : 391.20-20 50 060

Numero machine : 2
STM T9 460

Liaison Piece/porte-piece : 1

Materiau travaille : 1.02-1.03
Durete HB : 180

Type d'operation : 2
CHARIOTAGE ebauche
Diametre Maxi : 50.000
Diametre mini : 28.5
Longueur : 15.00
Rayon de raccor : 1.0

CRITERE d'optimisation : 2
'COÛT MINI'

Fig. 6

```

*****
* CHOIX DES OUTILS *
*****

```

SOLUTION: Choix d'outil

Porte-plaquette : PCLNL 2525M12
Plaquette : CNMM 120408-71
Nuance : GC435

Fig. 7

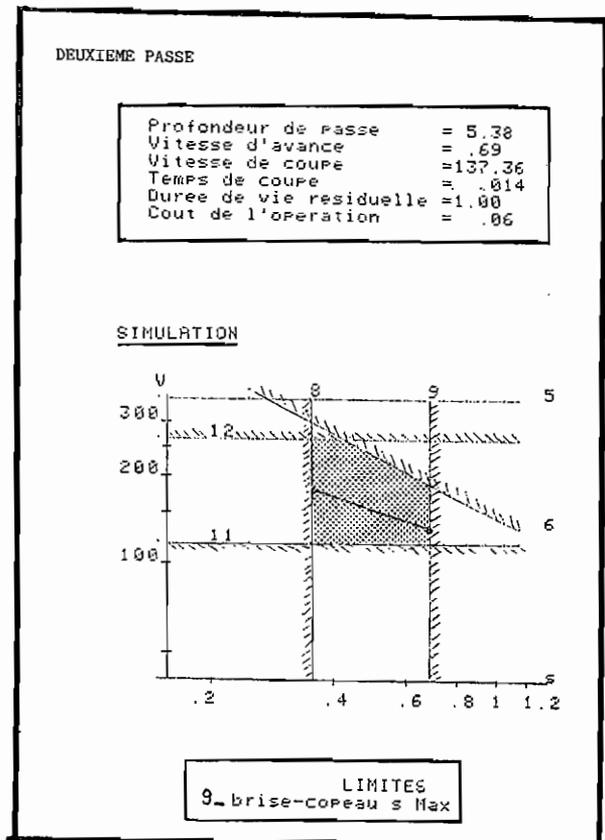


Fig. 8-2