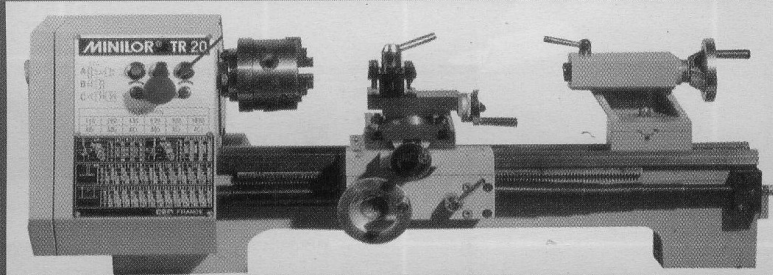


Les usinages à l'aide d'une machine-outil à commande numérique

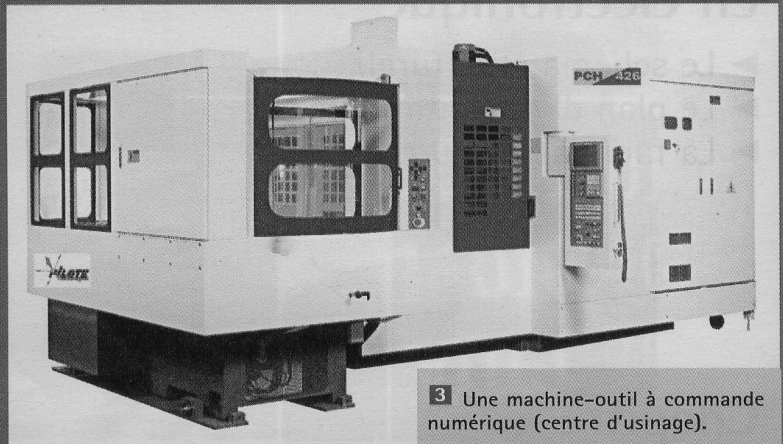
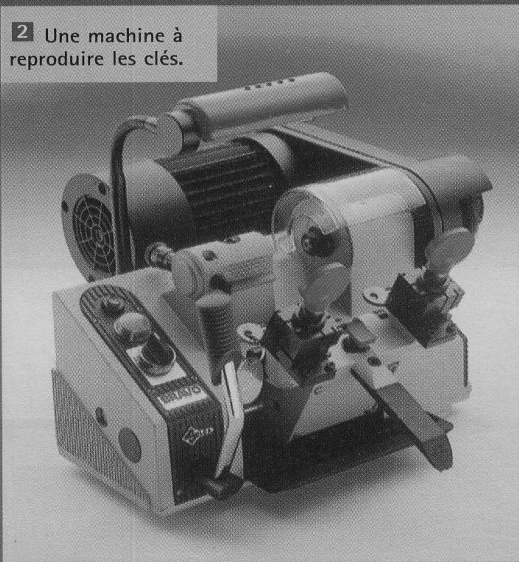
Qu'est-ce qu'une machine-outil ?

Les machines-outils permettent de nombreux façonnages, parmi lesquels l'usinage d'une pièce grâce à un outil tranchant qui entaille la matière et réalise les formes désirées. Les déplacements de l'outil peuvent être commandés manuellement par un opérateur ou automatiquement par un ordinateur (machine-outil à commande numérique).



1 Une machine-outil traditionnelle (tour).

2 Une machine à reproduire les clés.



3 Une machine-outil à commande numérique (centre d'usinage).

Après avoir observé chaque document, répondez aux questions suivantes :

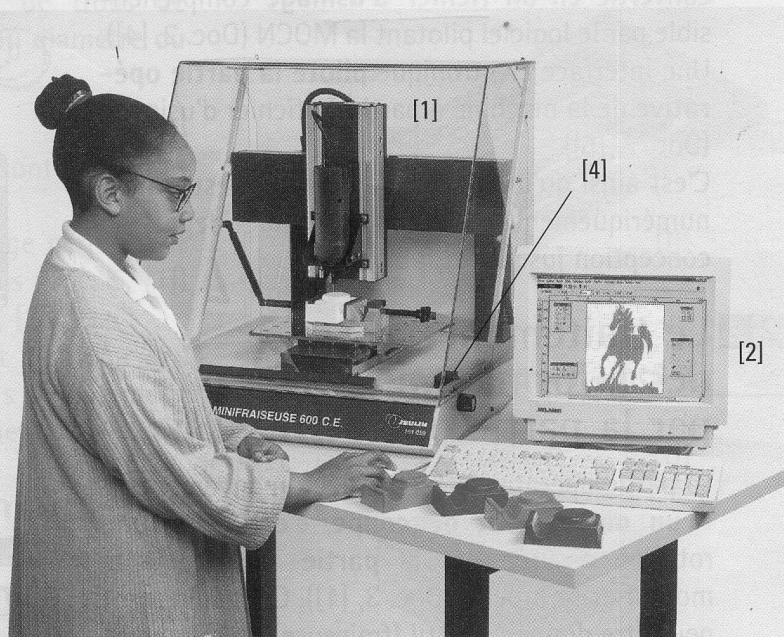
- ▶ quelle est la fonction d'usage de ces trois machines ?
- ▶ quel est le moyen permettant de piloter chaque machine : dessin de définition, fichier informatique, modèle ;
- ▶ quel est le rôle de l'opérateur pendant la phase d'usinage ?

1. Les éléments d'une machine-outil à commande numérique

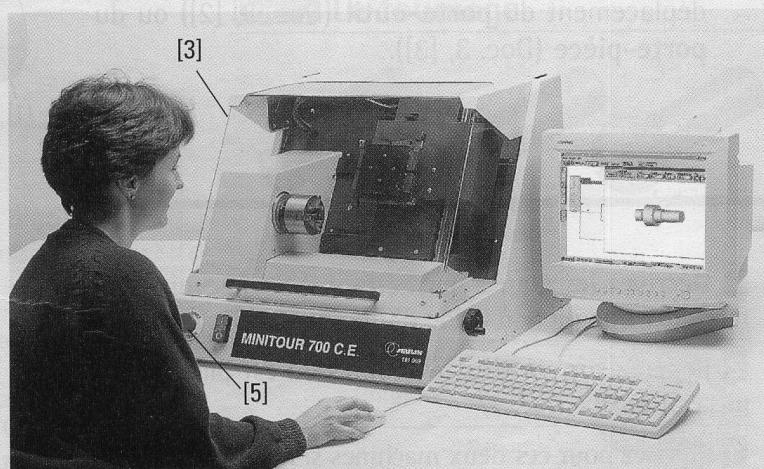
Une machine-outil à commande numérique est un système automatisé qui effectue des **tâches** de façonnage de pièces, le plus souvent par enlèvement de matière (on parle dans ce cas d'usinage). Elle comprend deux parties :

- **La partie opérative** (Doc. 1, [1]) réalise le façonnage, elle est constituée :
 - d'**actionneurs** permettant de produire les mouvements de l'outil et/ou de la pièce ;
 - de **capteurs** permettant de transmettre à la partie commande les déplacements effectués.
- **La partie commande** (Doc. 1, [2]), constituée le plus souvent d'un ordinateur, permet de commander les différents mouvements et de renseigner l'opérateur sur le déroulement de l'usinage.
- Différents dispositifs de sécurité sont présents sur la partie opérative :
 - un **capot de protection** (Doc. 1, [3]). Des capteurs (Doc. 1, [4]) détectent la position de ce capot ; s'il est ouvert la machine ne peut pas fonctionner ;
 - un **bouton poussoir d'arrêt de sécurité** (Doc. 1, [5]), appelé aussi « coup de poing ». En cas de problème, une pression sur ce coup de poing permet l'arrêt immédiat de la machine.

Doc. 1 Deux machines-outils à commande numérique



Une fraiseuse



Un tour



1 Repérez la partie commande et la partie opérative sur le tour à commande numérique. (Doc. 1)

2 Repérez un dispositif de sécurité sur la fraiseuse à commande numérique. (Doc. 1)

3 Précisez la principale différence entre une machine-outil traditionnelle et une machine-outil à commande numérique. (Doc. 1 et document 1 page 106)

2. Le fonctionnement d'une machine-outil à commande numérique

La réalisation d'une pièce à l'aide d'une machine-outil à commande numérique (MOCN) s'effectue à travers une chaîne continue d'informations. On parle dans ce cas de « Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur » (CFAO).

2.1 Le traitement continu de l'information

À partir d'une idée d'objet technique (Doc. 2, [1]), on réalise un **dessin** à l'aide d'un logiciel de conception (Doc. 2, [2]). La **forme à usiner est sélectionnée** à partir de ce dessin (Doc. 2, [3]) et convertie en un **fichier d'usinage** compréhensible par le logiciel pilotant la MOCN (Doc. 2, [4]). Une interface électronique **pilote la partie opérative** de la machine à partir du fichier d'usinage (Doc. 2, [5]).

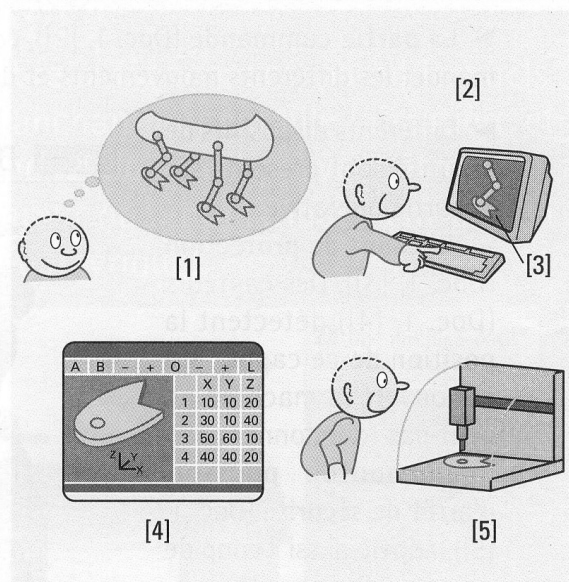
C'est ainsi qu'une même information est traitée numériquement de façon continue depuis la conception jusqu'à la fabrication.

2.2 Le traitement des informations par la partie opérative

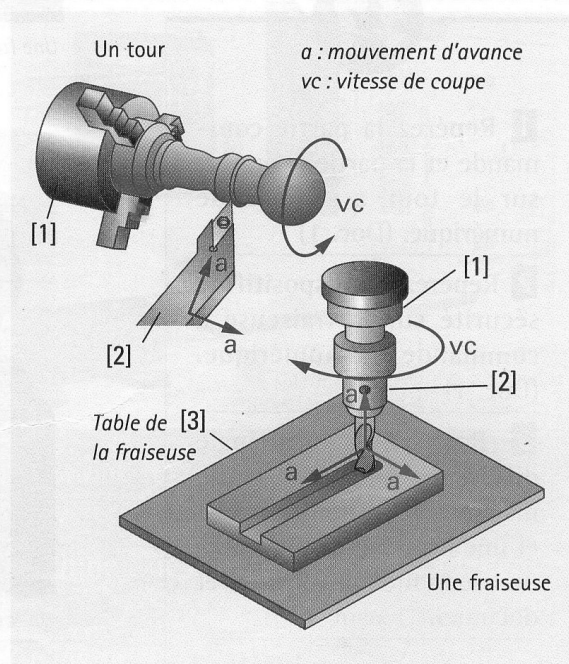
La partie opérative effectue deux mouvements :

- un **mouvement de coupe**, c'est-à-dire une rotation assurée par la **partie motrice** : le moteur et sa broche (Doc. 3, [1]). Ce mouvement peut être donné à l'outil (fraiseuse) ou à la pièce (tour) ;
- un **mouvement d'avance**, c'est-à-dire un déplacement du **porte-outil** (Doc. 3, [2]) ou du **porte-pièce** (Doc. 3, [3]).

Doc. 2 La circulation des informations



Doc. 3 La partie opérative d'une MOCN



1 Décrivez les étapes permettant de concevoir et fabriquer une pièce à l'aide d'une MOCN. (Doc. 2)

2 Repérez sur ces deux machines où est placée la pièce à usiner. (Doc. 3)

3 Précisez pour ces deux machines si le mouvement de coupe est donné à la pièce ou à l'outil. (Doc. 3)

3. Les différentes opérations d'usinage

Selon la pièce désirée et la machine utilisée, différentes opérations d'usinage sont réalisées.

3.1 Avec une fraiseuse à commande numérique

► La gravure

La gravure permet d'enlever une fine couche de matière à l'aide d'une **fraise à graver**. Elle permet de réaliser des **circuits imprimés** (Doc. 4, [1]) et des **marquages** (Doc. 4, [2]).

► Le perçage

Le perçage permet l'obtention de trous de forme circulaire correspondant au diamètre du foret.

► Le fraisage

Deux opérations de fraisage sont possibles selon la **fraise** utilisée :

- le **contournage** ou le rainurage permettent de générer des formes intérieures (Doc. 5, [1]) ou extérieures à la pièce (Doc. 5, [2]) ;
- l'**usinage de volumes** permet d'obtenir des formes en creux (appelées également « poches ») (Doc. 6, [1]) ou en relief (Doc. 6, [2]).

3.2 Avec un tour à commande numérique

Le **tournage** permet d'obtenir des **pièces cylindriques**. Selon le type d'outil utilisé, il est possible d'obtenir des cylindres, des cônes, des sphères, etc. ou des gorges, des rayons, des chanfreins, etc. (Doc. 7).

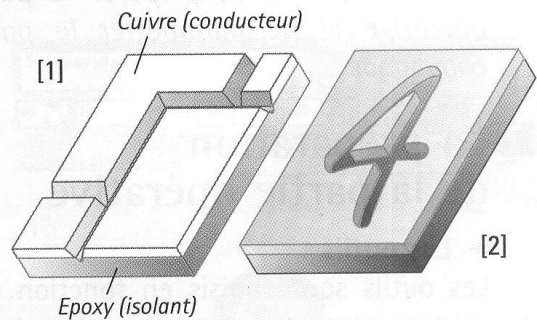


1 Expliquez pourquoi il est préférable d'utiliser un matériau bicouche pour réaliser un marquage par gravure. (Doc. 4, [2])

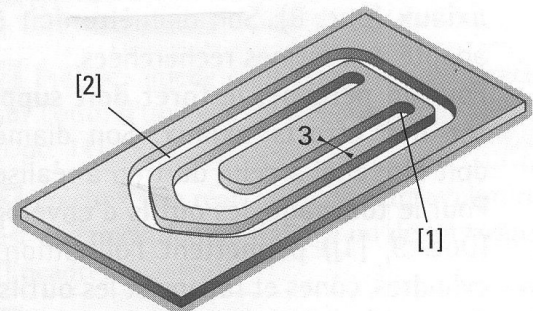
2 Indiquez le diamètre maximal de la fraise pour réaliser cet usinage. (Doc. 5)

3 Donnez des exemples de pièces ou d'objets de votre environnement qui ont pu être réalisés avec un tour. (Doc. 7)

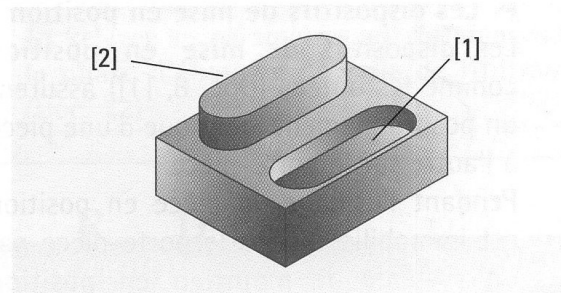
Doc. 4 La gravure



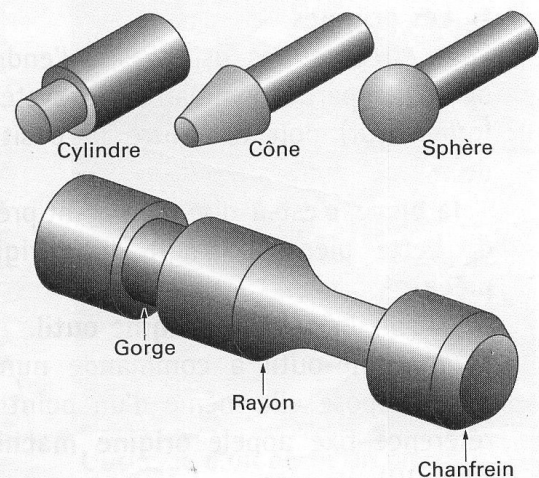
Doc. 5 Le contournage



Doc. 6 L'usinage de volumes



Doc. 7 Le tournage



4. Une opération d'usinage

Avant de lancer une opération d'usinage, il est nécessaire de préparer la partie opérative et de paramétrer la partie commande.

4.1 La préparation de la partie opérative

► Les outils

Les outils sont choisis en fonction des usinages demandés.

Pour le **fraisage** et la **gravure**, la **fraise** doit supporter des efforts radiaux et axiaux (Doc. 8). Son diamètre doit être adapté aux formes recherchées.

Pour un **perçage**, le **foret** doit supporter des efforts axiaux. Son diamètre doit être égal à celui du trou à réaliser.

Pour le **tournage**, les **outils d'enveloppe** (Doc. 9, [1]) permettent l'obtention de cylindres, cônes et rayons et les **outils de forme** (Doc. 9, [2]) permettent l'obtention de gorges et de saignées.

► Les dispositifs de mise en position

Les dispositifs de **mise en position** comme les butées (Doc. 8, [1]) assurent un positionnement identique d'une pièce à l'autre sur le porte-pièce.

Pendant l'usinage, la pièce en position est immobilisée dans le porte-pièce par un système de **maintien en position** (étau, mandrin, adhésif, excentrique) (Doc. 8, [2]).

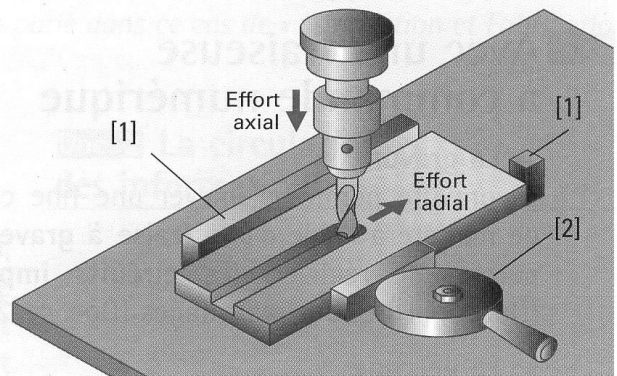
► Les origines

Pour effectuer les usinages à l'endroit désiré, la partie commande du système (ordinateur) doit connaître la position de :

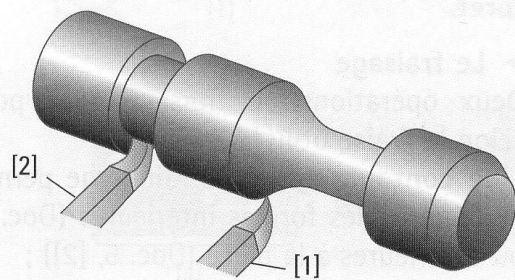
- la **pièce**, c'est-à-dire d'un point précis de cette pièce. Il s'agit de l'**origine pièce** ;
- l'**outil**, il s'agit de l'**origine outil**.

La machine-outil à commande numérique dispose elle-même d'un point de référence fixe appelé **origine machine** (Doc. 10).

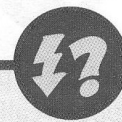
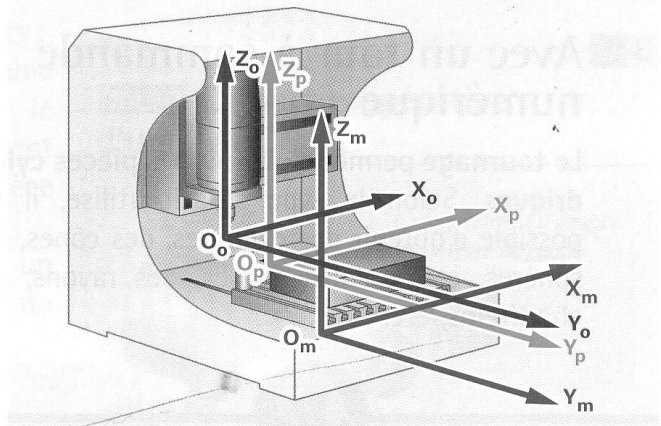
Doc. 8 L'usinage d'une rainure



Doc. 9 Deux outils de tournage



Doc. 10 Les origines sur une fraiseuse



1 Donnez le nom de l'outil utilisé. (Doc. 8)

2 Indiquez la trajectoire que devra suivre l'outil pour réaliser chacune des deux formes. (Doc. 9)

3 Repérez les éléments qui permettent la mise en position et ceux qui permettent le maintien en position. (Doc. 8)

4.2 Le paramétrage de la partie commande

- En fonction de la nature du matériau et de l'outil, l'opérateur indique les **conditions de coupe** à la partie commande du système :
 - la vitesse à laquelle l'outil et/ou la pièce peut se déplacer, appelée **vitesse d'avance** (Doc. 11) ;
 - l'épaisseur du matériau qui peut être enlevée à chaque passage de l'outil, appelée **profondeur de passe** (Doc. 11) ;
 - la vitesse de rotation de l'outil ou de la pièce, appelée **fréquence de rotation**.
- Certains logiciels distinguent des conditions de coupe d'ébauche et de finition (Doc. 12).

Doc. 12 Ébauche et finition

Doc. 11 Le paramétrage des conditions de coupe



- 1 Indiquez dans quelle unité est exprimée la vitesse d'avance. (Doc. 1)
- 2 Précisez quelle peut être la conséquence sur l'outil d'une vitesse d'avance trop rapide. (Doc. 11)
- 3 Précisez si la réalisation de cette sculpture est une opération de fraisage ou de tournage. (Encadré)
- 4 Repérez les deux principales étapes qui permettent de reproduire une sculpture. (Encadré)
- 5 Relevez les paramètres qui différencient la phase d'ébauche de celle de finition. (Doc. 12)

R E G A R D SUR LE MONDE TECHNOLOGIQUE

La CFAO dans l'industrie de la pierre

Les applications de CFAO ont d'abord été conçues pour répondre aux applications des industries mécaniques et électroniques, puis elles ont été étendues à d'autres domaines comme le secteur de la taille de pierre.

Auparavant, pour remplacer ou copier une pierre taillée sur un chantier de restauration, on faisait appel à un tailleur de pierre qui, grâce à un grand savoir-faire et de nombreux outils, pouvait reproduire une pierre identique après un long travail. Aujourd'hui, la CFAO permet de reproduire une pierre beaucoup plus rapidement.

Des dispositifs à palpeur ou à rayon laser copient la forme à reproduire. Ces informations sont ensuite traitées par un logiciel qui permet de piloter la machine-outil à commande numérique chargée d'usiner la pierre.



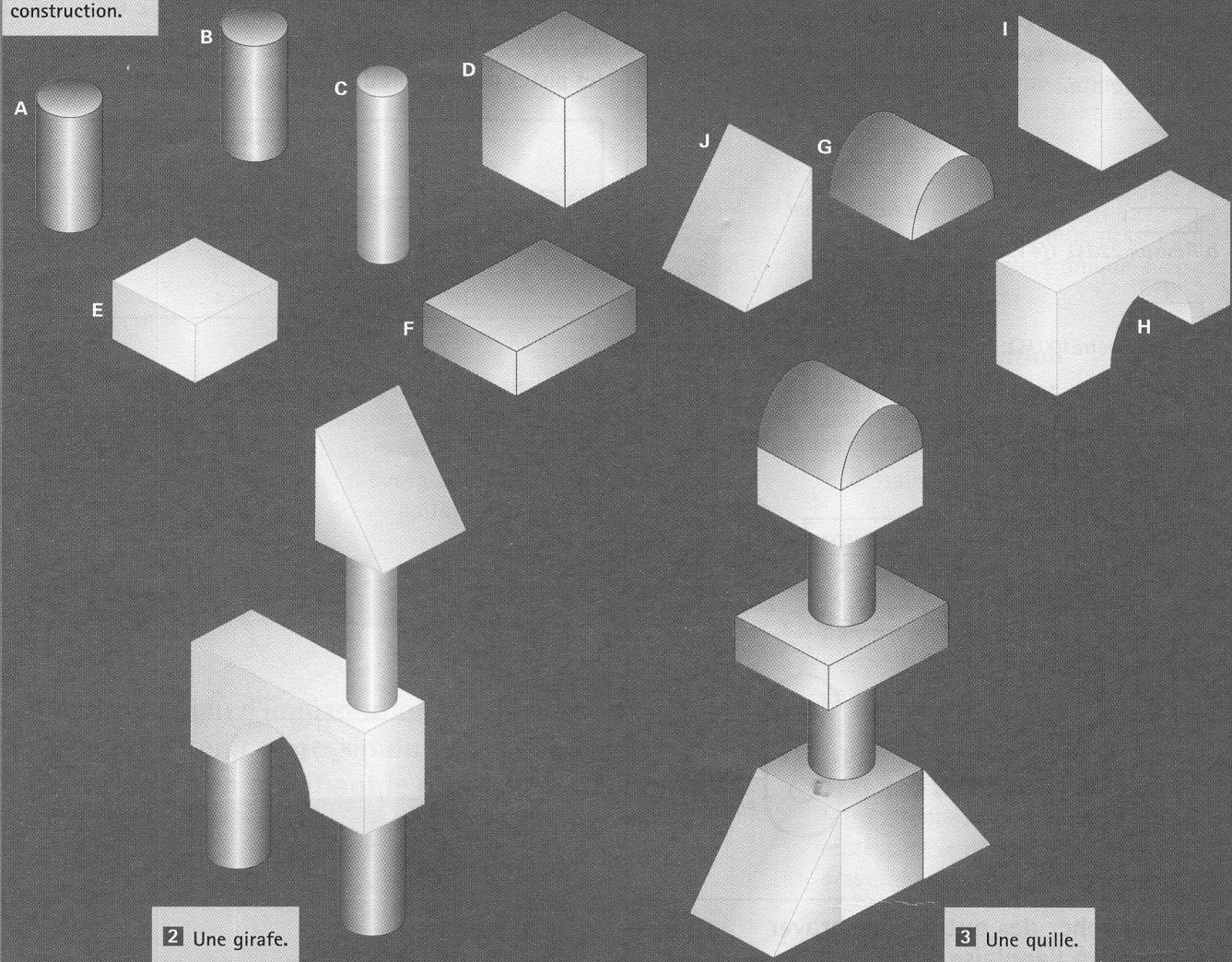
L'usinage d'un décor en pierre

La CFAO en mécanique

Comment concevoir une pièce mécanique à partir de l'association de volumes simples ?

La CFAO permet de concevoir et fabriquer une pièce mécanique à partir d'un fichier informatique. La conception d'une pièce en trois dimensions (3D) est le résultat d'une association de volumes géométriques simples (cylindres, cubes, cônes, etc.).

1 Un jeu de construction.



2 Une girafe.

3 Une quille.

Après avoir observé ces trois documents, répondez aux questions suivantes :

- combien de pièces composent ce jeu ?
- quelles sont les pièces (repères) utilisées pour réaliser la girafe ?
- quels sont les volumes géométriques simples de couleur marron utilisés pour réaliser la quille ?

1. La conception d'une pièce en trois dimensions

Selon la complexité d'une pièce, différentes techniques de conception sont disponibles.

1.1 La conception d'une pièce simple

L'utilisation de **volumes géométriques simples** (parallélépipède rectangle, cylindre de révolution, sphère, cône de révolution) (Doc. 1), **appelés aussi solides**, permet la représentation d'un grand nombre de pièces.

► La soustraction de volumes simples

La conception d'une pièce carrée percée (Doc. 2, [3]) peut être obtenue à partir de deux volumes simples : un parallélépipède rectangle (Doc. 2, [1]) et un cylindre de révolution (Doc. 2, [2]). La réalisation de cette pièce nécessite d'effectuer une **soustraction** : retirer le cylindre de révolution au parallélépipède rectangle.

► L'addition de volumes simples

La conception d'un pointeau (Doc. 3, [3]) peut être obtenue à partir de deux volumes simples : un cône de révolution (Doc. 3, [1]) et un cylindre de révolution (Doc. 3, [2]). L'obtention de ce pointeau nécessite d'effectuer une addition : ajouter le cône au cylindre.



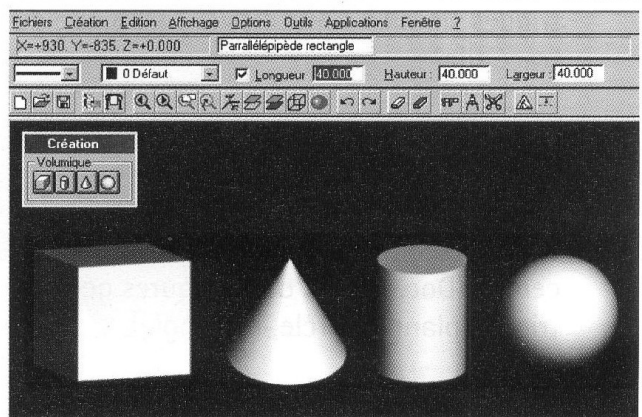
1 Nommez les volumes géométriques simples proposés par le logiciel de CFAO. (Doc. 1)

2 Donnez les dimensions du parallélépipède rectangle créé. (Doc. 1)

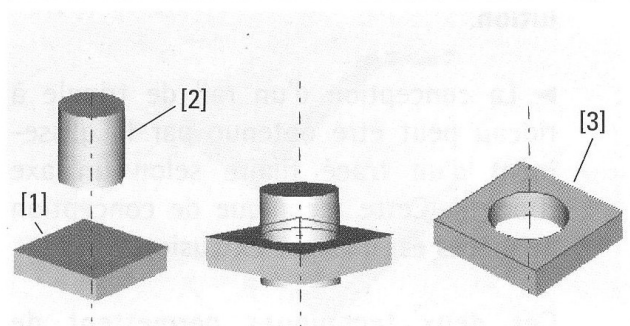
3 Indiquez quel volume géométrique simple il faudrait soustraire à cette pièce pour obtenir un trou carré. (Doc. 2)

4 Précisez quelle dimension de ces deux volumes doit être identique pour concevoir le pointeau. (Doc. 3)

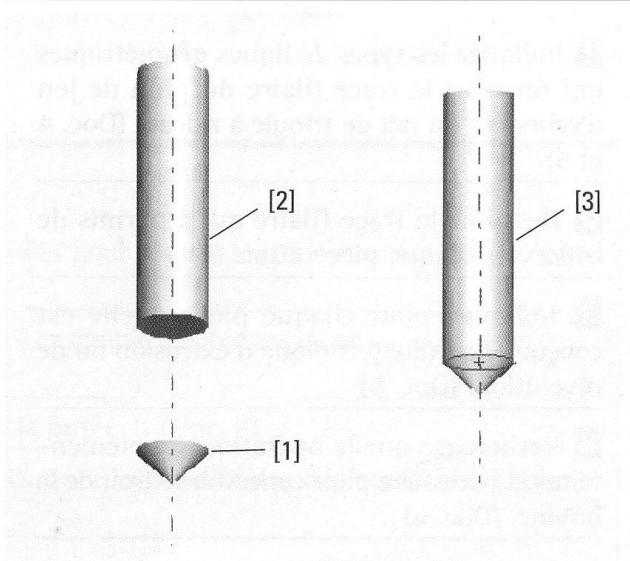
Doc. 1 Les outils de création d'un logiciel de CFAO



Doc. 2 La conception d'une pièce carrée percée



Doc. 3 La conception d'un pointeau (outil de marquage)



1 2 La conception d'une pièce complexe

Pour obtenir des pièces au profil difficile à représenter à l'aide de volumes géométriques simples, on utilise la technique du tracé filaire.

► Le **tracé filaire** est une **représentation du profil de la pièce**, il est obtenu par la combinaison de lignes géométriques (segment de droite, courbe, arc de cercle) (Doc. 4 et 5) ou de figures géométriques planes (cercle, rectangle).

► La conception d'un pion de jeu d'échecs peut être obtenue par une opération de rotation d'un tracé filaire autour d'un axe (Doc. 4). Cette technique de conception de pièces est dite par **révolution**.

► La conception d'un rail de tringle à rideau peut être obtenue par le glissement d'un tracé filaire selon un axe (Doc. 5). Cette technique de conception de pièces est dite par **extrusion**.

Ces deux techniques permettent de concevoir la plupart des objets de notre environnement (Doc. 6).



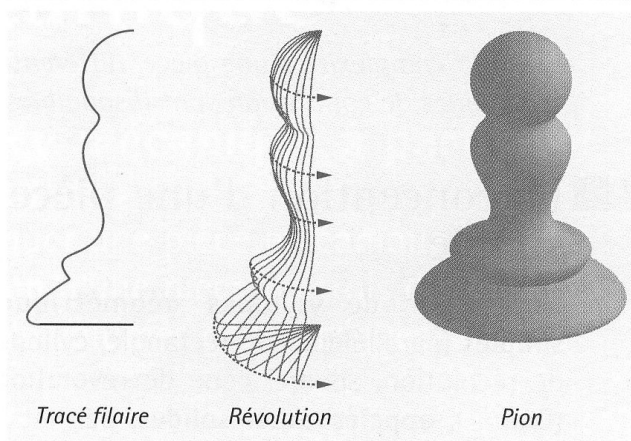
1 Indiquez les types de lignes géométriques qui forment le tracé filaire du pion de jeu d'échecs et du rail de tringle à rideau. (Doc. 4 et 5)

2 Dessinez le tracé filaire qui a permis de concevoir chaque pièce. (Doc. 6)

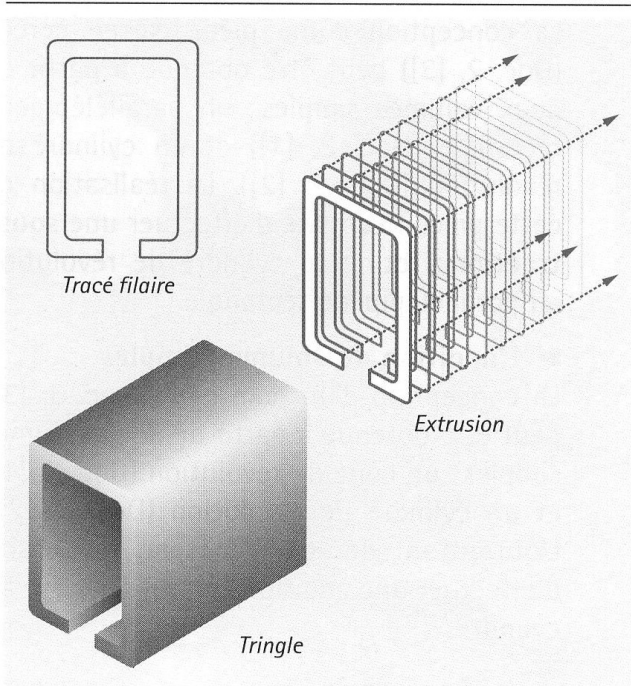
3 Indiquez pour chaque pièce si elle est conçue selon une technique d'extrusion ou de révolution. (Doc. 6)

4 Recherchez quelle opération supplémentaire est nécessaire pour concevoir le trou de la bobine. (Doc. 6)

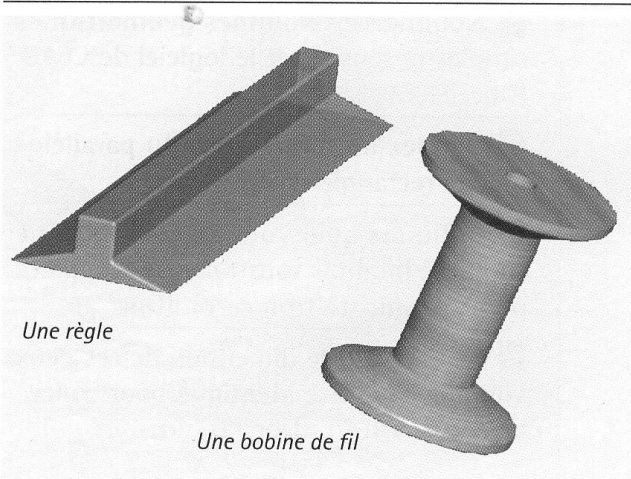
Doc. 4 La conception d'un pion



Doc. 5 La conception d'une tringle à rideau



Doc. 6 La conception d'une règle et d'une bobine

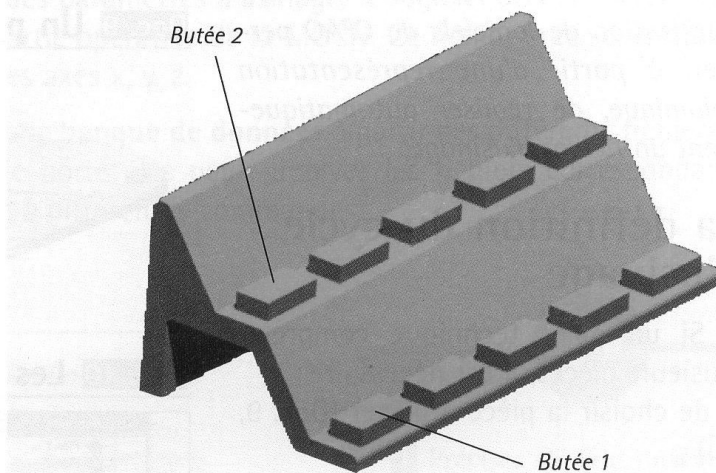


1.3 La copie de volumes

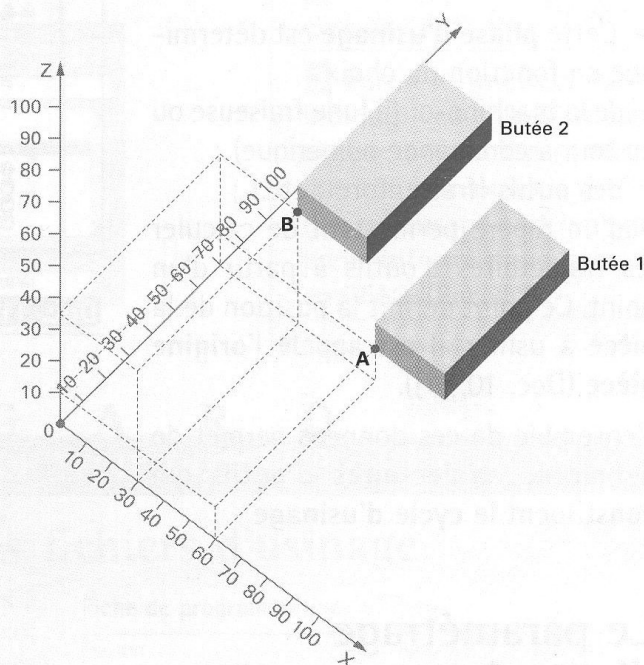
► Certaines pièces sont composées de la répétition de plusieurs volumes identiques. Lors de la conception d'une telle pièce, il n'est pas nécessaire de dessiner un à un tous les volumes identiques. Il suffit de dessiner le volume une fois, de le copier et de le placer à l'endroit souhaité.

► Par exemple, la conception d'un support de cartes comprenant dix butées identiques ne nécessite d'en dessiner qu'une (Doc. 7).

Doc. 7 Un support de cartes à jouer



Doc. 8 Le repérage d'un point dans un repère orthonormé



1.4 Le repérage d'une pièce dans l'espace

Quelle que soit la technique de conception utilisée, il est nécessaire de repérer les volumes créés dans l'espace. Un **point de référence** peut être attribué à chacun des volumes (Doc. 8). Pour situer ce point dans un espace muni d'un repère orthonormé (x , y , z), il faut lire ses coordonnées selon les trois axes.



- 1 Précisez les techniques de conception pouvant être utilisées pour réaliser le corps et une butée de cette pièce. (Doc. 7)
- 2 Comptez le nombre de copies nécessaires pour réaliser l'ensemble des butées de ce support de cartes. (Doc. 7)
- 3 Indiquez les coordonnées du point de référence A de la butée 1. (Doc. 8)
- 4 On souhaite copier la butée 1 pour créer la butée 2. Donnez les valeurs des déplacements du point A au point B selon x , y et z . (Doc. 7 et 8)

2. La construction d'un fichier d'usinage

L'utilisation de logiciels de CFAO permet, à partir d'une représentation volumique, de réaliser automatiquement un fichier d'usinage.

2.1 La définition du cycle d'usinage

► Si un objet technique comprend plusieurs pièces, il est nécessaire :

- de choisir la pièce à usiner (Doc. 9, [1]) ;
- de choisir sur la pièce les formes (points et contours) qui pourront être réalisées lors d'une même phase d'usinage (Doc. 9, [2], [3] et [4]).

► Cette **phase d'usinage** est déterminée en fonction du choix :

- de la machine-outil (une fraiseuse ou un tour à commande numérique) ;
- des outils (fraise, foret, etc.) ;
- d'un repère permettant de calculer les trajectoires d'outils à partir d'un point. Ce point définit la position de la pièce à usiner, il est appelé l'**origine pièce** (Doc. 10, [1]).

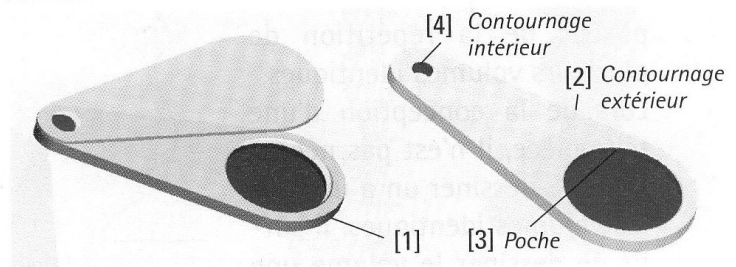
L'ensemble de ces données permet de définir des **trajectoires d'outils** qui constituent le **cycle d'usinage**.

2.2 Le paramétrage d'un usinage

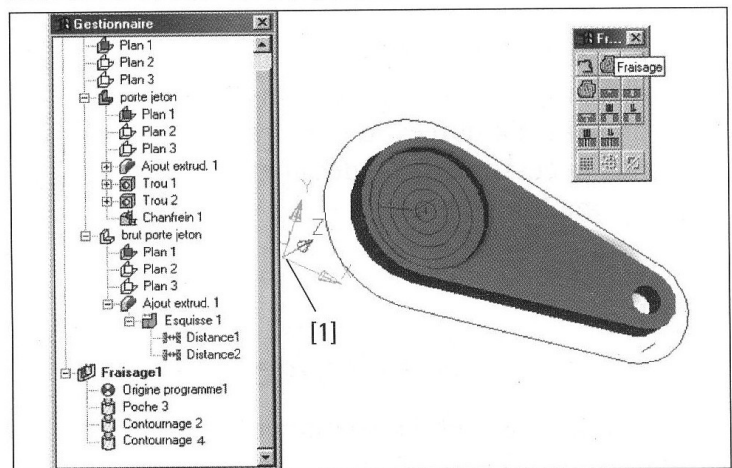
Pour réaliser un cycle d'usinage, le programme de CFAO demande de fixer les différents **paramètres d'usinage** (Doc. 11) :

- la fréquence (vitesse) de rotation de la pièce et/ou de l'outil (en tr/mn) ;
- la vitesse d'avance (de déplacement) de l'outil et/ou de la pièce (en mm/mn) ;
- la profondeur de passe (de pénétration) de l'outil dans la pièce (en mm) ;
- le nombre de passes.

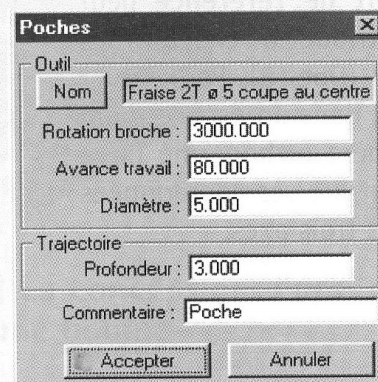
Doc. 9 Un porte-jetons



Doc. 10 Les formes à usiner



Doc. 11 Les paramètres d'usinage



1 Décrivez les opérations d'usinage permettant de réaliser cette pièce. (Doc. 9)

2 Listez les paramètres d'usinage présents. (Doc. 11)

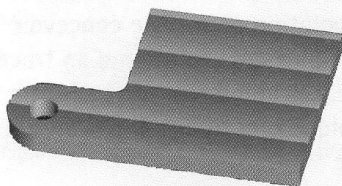
3 Précisez à quelle opération d'usinage du porte-jetons correspondent ces paramètres. (Doc. 9 et 11)

2.3 L'archivage d'un fichier d'usinage

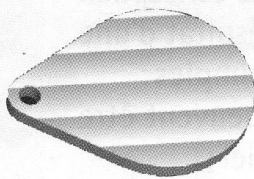
- ▶ À partir des formes à usiner et des paramètres d'usinage, le logiciel de CFAO crée un **fichier d'usinage** compréhensible par la partie opérative de la MOCN. Ce fichier précise les trajectoires que devra emprunter l'outil selon les axes x, y, z.
- ▶ Il peut être intéressant de créer une **banque de données** à partir des différents fichiers constitués. Par exemple, un fabricant de porte-clés peut archiver les fichiers correspondant à ses modèles (Doc. 12) afin de répondre à différentes commandes.

Doc. 12 Des formes de porte-clés

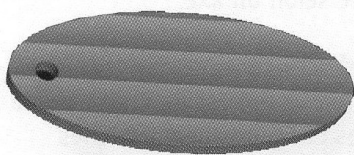
Chaque forme créée est archivée sous un nom de fichier différent



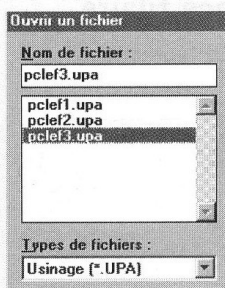
Porte-clés 1



Porte-clés 2



Porte-clés 3



Fichiers archivés



1 Précisez s'il faut modifier ces fichiers d'usinage dans le cas où un client souhaite un porte-clés plus épais. (Doc. 12)

2 Expliquez l'intérêt des logiciels de CFAO. (Encadré)

3 Parmi les métiers suivants, indiquez ceux qui sont apparus et ceux qui ont disparu avec l'apparition des logiciels de CFAO : dessinateur industriel, programmeur informatique, technicien en CFAO. (Encadré)

R E G A R D SUR LE MONDE TECHNOLOGIQUE

L'évolution des fichiers d'usinage

Les premiers fichiers d'usinage étaient réalisés à partir d'un dessin de définition. L'opérateur devait décomposer ce dessin en un ensemble de trajectoires de base (droite, arc de cercle, courbe) et programmer la partie commande avec un langage spécifique.

Pour limiter ce travail fastidieux de programmation, les fabricants de MOCN ont proposé des logiciels de dessin capables de remplacer la programmation. Mais l'opérateur devait toujours reproduire un dessin sur ce logiciel à partir d'un dessin de définition.

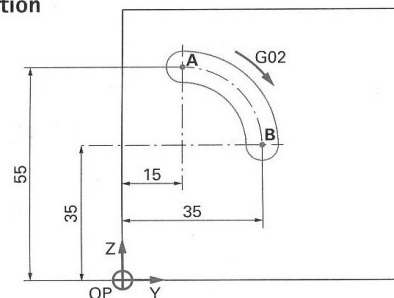
Sont apparus ensuite les logiciels de CFAO capables de générer un fichier d'usinage directement à partir du dessin de conception.

Ce n'est qu'avec ces logiciels qu'apparaît le traitement continu de l'information.

Fiche de programmation

%300	N60 X2 Y15 Z55 (A)
N10 G00 G52 Z100	N70 G01 X-1.5 F60
N20 T01 M06	N80 G02 Y35 Z35 R20
N30 S1000 M41 M03	F120 (B)
N40 G19	N100 G00 G52 X100 M05
N50 G16 P+	N110 M02

Dessin de définition



La programmation d'une poche

JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

La machine-outil à commande numérique

1. Repérer les éléments de la partie opérative

À partir de la photographie de la page 112, associez chaque élément repéré par un nombre à sa définition.

- Actionneur, constitué d'un moteur permettant d'entraîner l'outil en rotation.
- Capot de protection.
- Bouton poussoir d'arrêt de sécurité.
- Table de la fraiseuse servant de porte-pièce.

Les mouvements de la partie opérative

2. Vrai ou faux ?

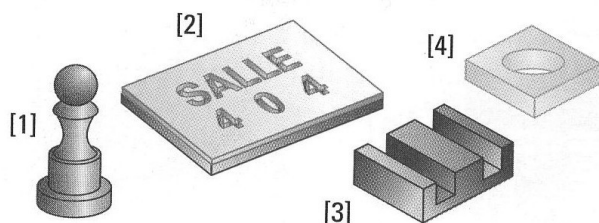
- Un mouvement de coupe est une rotation assurée par la partie motrice.
- Pour une fraiseuse, le mouvement de coupe est donné à la pièce.
- Pour un tour, le mouvement de coupe est donné à l'outil.

Les différentes opérations d'usinage

3. Déterminer des opérations d'usinage

Associez chaque pièce à son opération d'usinage.

- Perçage ; b. Marquage ; c. Fraisage ; d. Tournage.

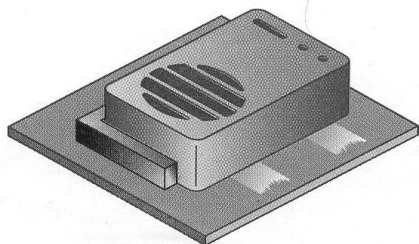


La mise en position

4. Identifier les éléments de mise en position et de maintien d'une pièce

Le dispositif ci-dessous permet de fraiser des boîtiers en PVC pour hauts-parleurs.

- Nommez les éléments permettant de mettre en position le boîtier.
- Nommez les éléments permettant de maintenir le boîtier.



J'UTILISE MES CONNAISSANCES

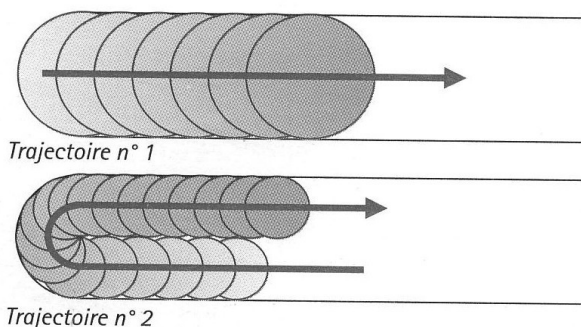
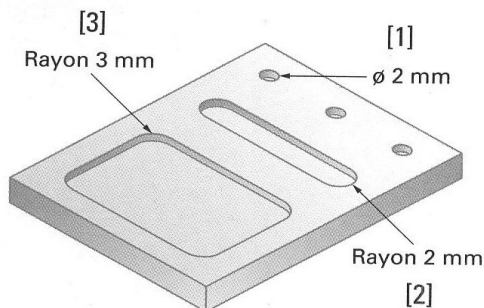
5. Ordonner des étapes de réalisation

Les étapes ci-dessous décrivent la réalisation d'une pièce faisant partie d'un objet. Classez-les dans le bon ordre.

- Réaliser un croquis à main levée.
- Paramétrer la partie commande.
- Dessiner le dessin d'ensemble de l'objet sur un ordinateur.
- Convertir à l'aide d'un logiciel le dessin de la pièce en informations permettant de piloter la machine à commande numérique.
- Usiner la pièce.
- Préparer la partie opérative de la machine-outil à commande numérique.
- Sélectionner le dessin de la pièce à réaliser.

6. Choisir les outils d'une fraiseuse à commande numérique

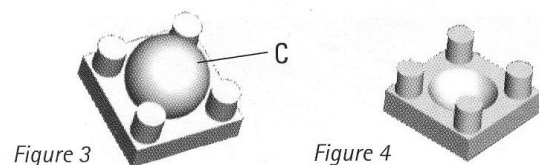
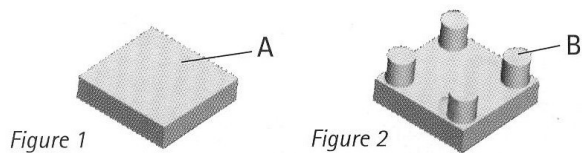
- Pour réaliser le perçage [1], précisez le diamètre du foret à utiliser.
- Pour réaliser le contournage [2], associez les deux trajectoires ci-dessous à l'outil, selon qu'il s'agit d'une fraise de $\varnothing 4$ mm ou d'une fraise de $\varnothing 2$ mm.
- Choisissez la fraise permettant de réaliser le contournage [3] dans la liste suivante : fraise $\varnothing 6$ mm, fraise $\varnothing 8$ mm, fraise $\varnothing 10$ mm.
- Précisez le diamètre de la fraise qu'il faut utiliser si on désire réaliser les usinages [1], [2] et [3] avec le même outil.



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

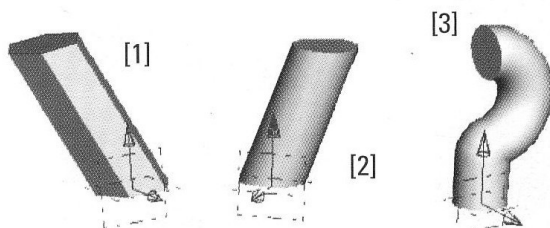
La conception d'une pièce en trois dimensions

1. Concevoir une pièce



- Précisez le nom des volumes A, B et C.
- Indiquez quelles opérations ont permis d'obtenir la figure 4 à partir des volumes A, B et C.

2. L'extrusion à partir d'un profil

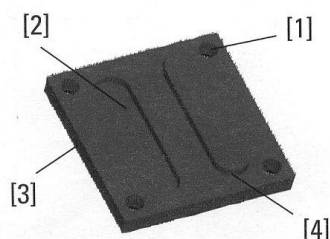


- Pour chaque forme, dessinez le tracé filaire qui a permis de la concevoir.
- Pour chaque forme, dessinez l'axe suivi par le tracé filaire pour la réaliser.

La fabrication d'une pièce

3. Repérer des opérations d'usinage

Le fichier d'usinage permettant de réaliser cette pièce comprend trois usinages différents.



- Associez chaque repère 1 à 4 à un usinage : perçage, contournage ou usinage de volume.
- Donnez le nom d'un outil permettant de réaliser l'ensemble de ces usinages.

J'UTILISE MES CONNAISSANCES

4. Organiser les étapes de conception et de fabrication d'une pièce

Un fabricant de jouets désire réaliser un prototype de toupie sifflante équipée de huit trous. Cette toupie sera réalisée en deux phases d'usinage.

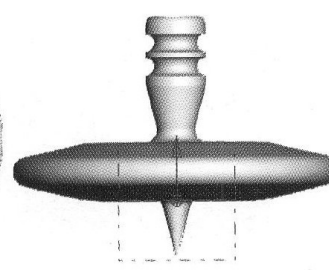
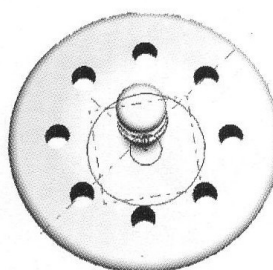
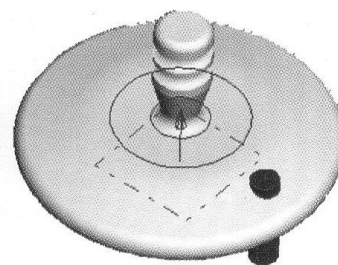
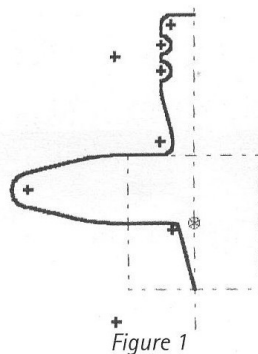


Figure 3

Figure 4

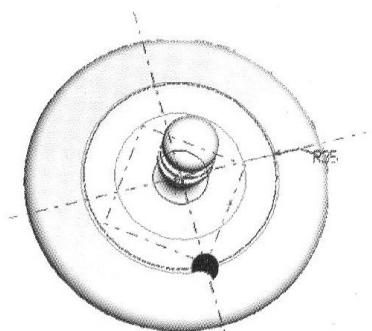


Figure 5

Figure 6

- Donnez le nom de la machine permettant de réaliser le corps de la toupie et les outils utilisés.
- Donnez le nom de la machine permettant de réaliser les huit trous et l'outil utilisé.
- Un logiciel de CFAO a permis de représenter cette toupie. Classez dans l'ordre les étapes de conception (figures 1 à 6).
- Décrivez en quelques mots chacune de ces étapes.