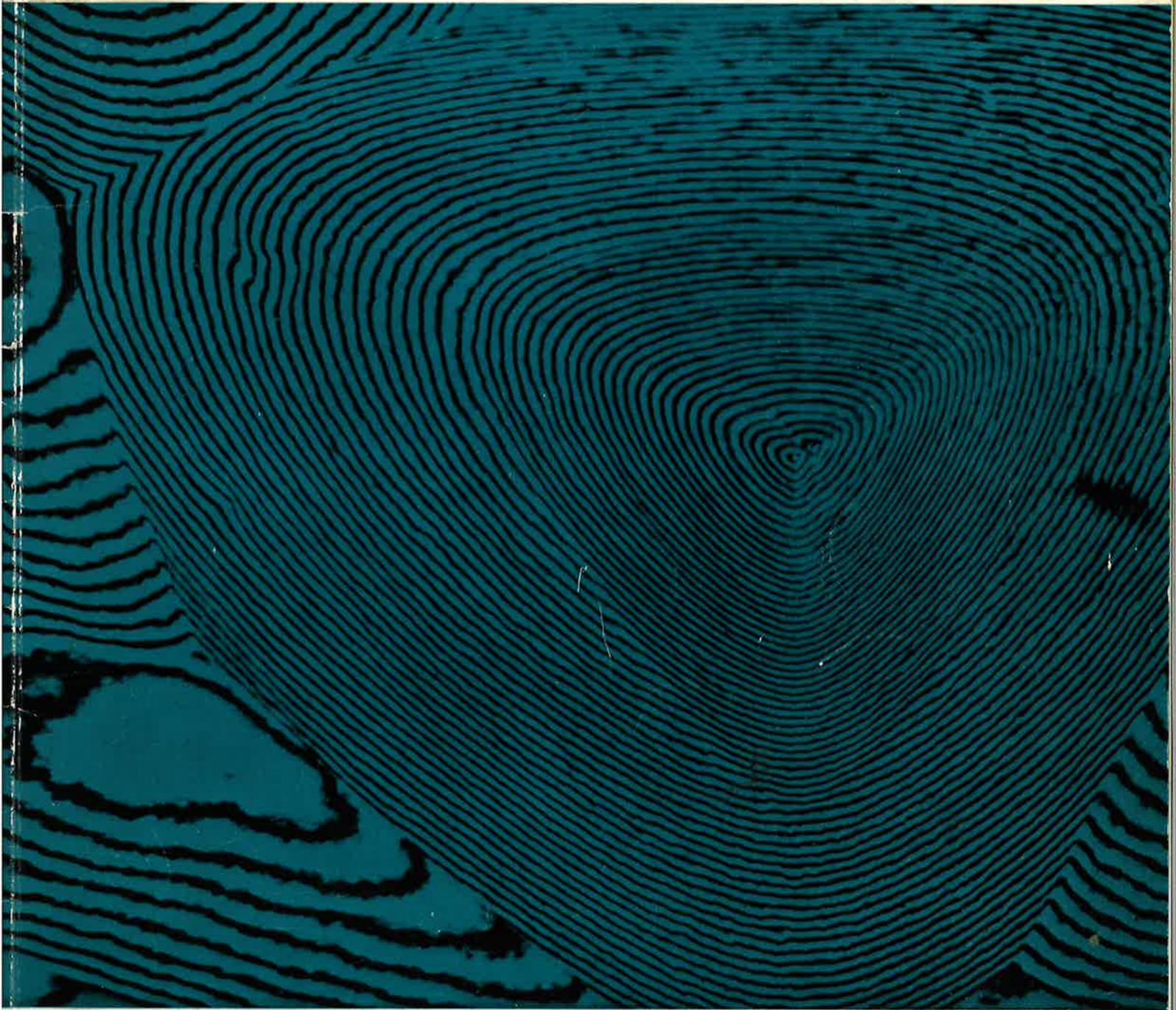
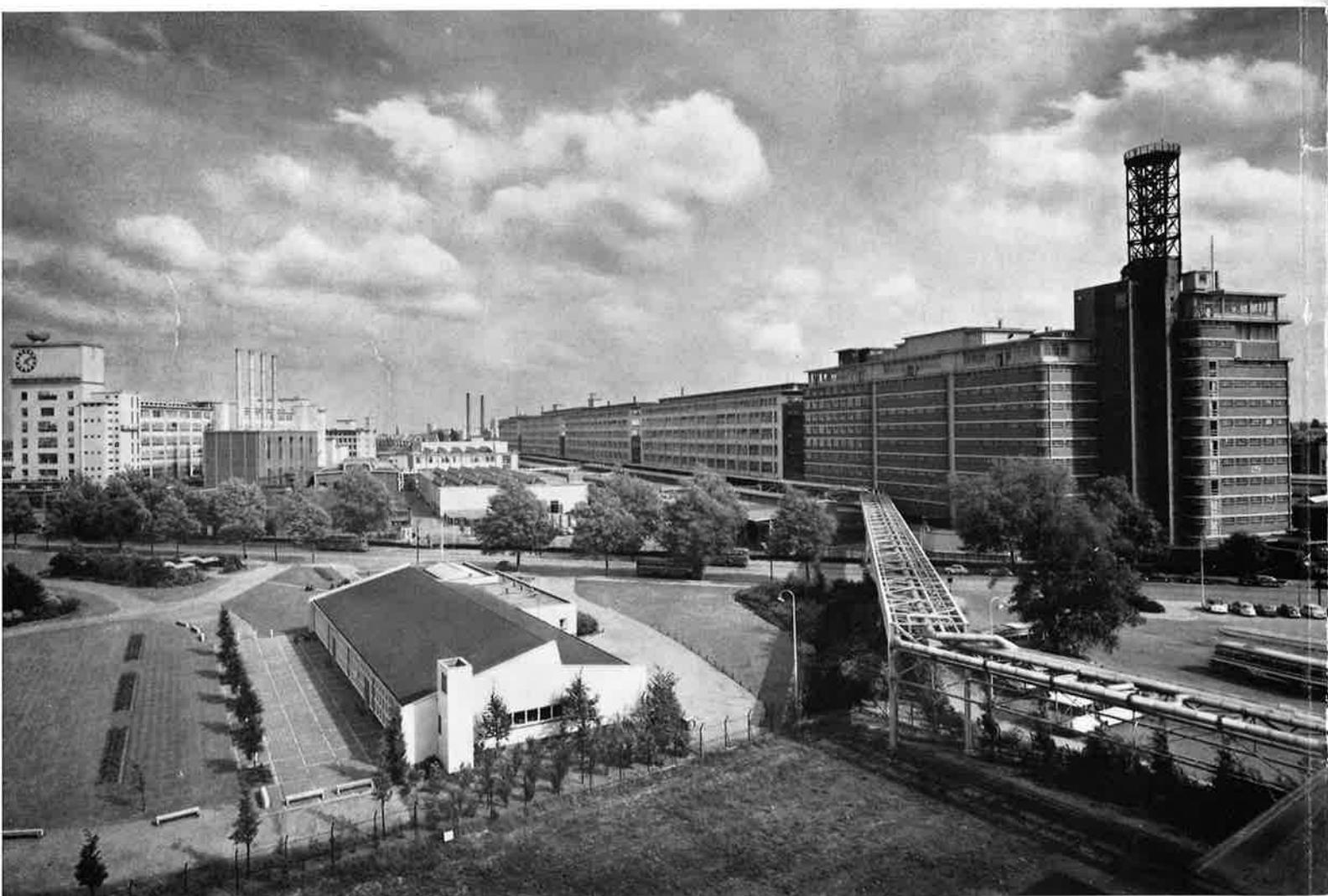


**PHILIPS**  
**filiales**  
**en**  
**diamant**



# diana



## INTRODUCTION

Diamant! Quelles suggestions de luxe et de mystère comporte ce simple mot: il suscite à l'esprit des images de richesse et de splendeur infinie, qui semblent déplacées à notre époque de froides activités commerciales et d'austères recherches scientifiques.

Mais ce n'est pas au côté romantique des diamants que nous nous arrêterons dans cette brochure.

Bien au contraire!

Seules les caractéristiques physiques et les aspects utilitaires des diamants industriels feront l'objet d'un examen.

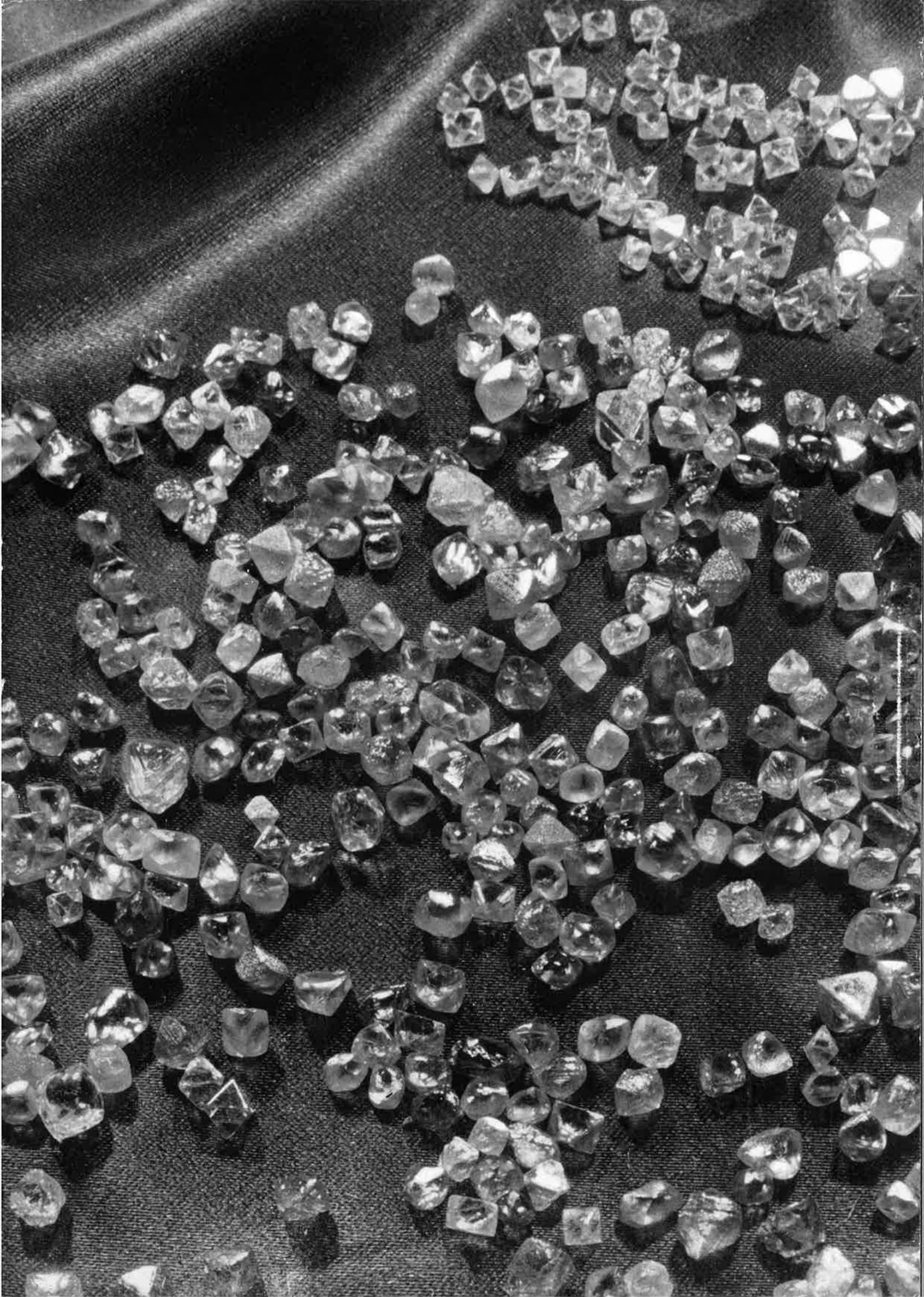
L'accent sera mis principalement sur les diamants qui sont utilisés dans les outils de tréfilage.

Nous espérons pouvoir fournir à nos lecteurs un aperçu du diamant utilisé comme matière première. Nous voulons montrer pourquoi et comment cette matière satisfait aux exigences du tréfilage et de quelle façon Philips a réussi, grâce à une recherche ininterrompue, à assurer la fabrication en série de filières de tréfilage en diamant d'une qualité exceptionnelle et constante.

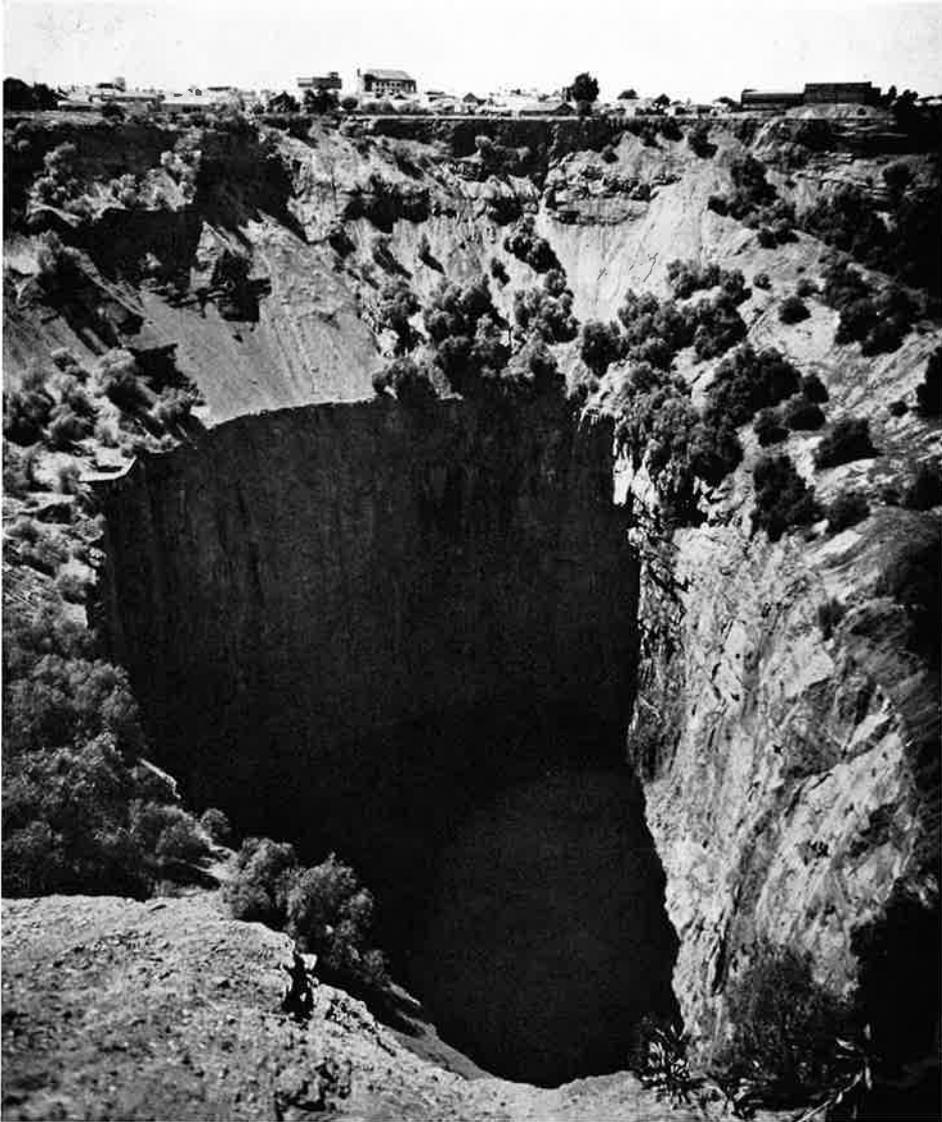
nt

## TABLE DES MATIERES

<b>Diamants; Généralités</b>	Origine géologique Couleur et pureté Où l'on trouve les diamants Propriétés physiques et chimiques Cristallographie et résistance à l'usure
<b>Les filières en diamant</b>	But Direction du canal Profil du canal Tolérances sur le diamètre de la portée Tolérances sur l'arrondi du trou Montage Réalésage et capacité de production Calcul de séries
<b>Entretien et contrôle</b>	Généralités Nettoyage du canal Liste d'erreurs possibles
<b>Divers</b>	Lubrification Cuve à vide Affinement de l'extrémité du fil
<b>Banc de repolissage</b>	



## ORIGINE GEOLOGIQUE



1 Le 'Kimberley Big Hole'

2 Extraction de diamants en Afrique Sud-Ouest

3 Dépôt alluvial des diamants

Photos obtenues par le gracieux concours de 'De Beers Consolidated Mines Ltd.'

La question de l'origine géologique des diamants n'a jamais été complètement résolue mais il est généralement admis que la chaleur, la haute pression et la présence de catalyseurs ont été responsables de leur formation à partir du carbone.

Une confirmation de cette théorie a été obtenue grâce à la mise au point de méthodes synthétiques de fabrication de diamants, car il est apparu que les conditions du processus déterminaient la forme et la couleur éventuelles des cristaux. Les conditions naturelles de la formation de diamants apparaissent dans les zones de grande activité volcanique; une preuve de ceci réside dans ce que l'on appelle les „cheminées de kimberlite”.

La kimberlite, dans ces cheminées, présente une couleur bleue de plus en plus foncée en rapport avec l'augmentation de la profondeur; d'où le nom „terre bleue”. Plus haut dans les cheminées, où elle a été exposée à la corrosion, la kimberlite est jaune et on l'appelle en conséquence „terre jaune”.

L'extraction de diamants à partir des dépôts diluviaux dans les cheminées est exécutée par exploitation souterraine des mines. On trouve également des diamants dans les dépôts alluviaux. Leur présence là est probablement due à la décomposition des éléments des cheminées volcaniques par des effets climatiques au cours de nombreux siècles. La roche brisée ou pulvérisée fut balayée par des torrents et déposée plus loin. Les diamants dans les dépôts alluviaux sont exploités grâce à une opération systématique d'extraction dans les anciens lits de rivières ou, dans certaines rivières, en en déviant temporairement le cours.

Il est intéressant de mentionner qu'au Brésil, au Congo et aux Indes le diamant se présente dans des sédiments alluviaux. L'on trouve des cheminées diluviales dans l'Afrique du Sud et, selon certains rapports récents, en Sibérie.



2



3

## COULEUR ET PURETE

Seuls quelques-uns des utilisateurs de diamants possèdent une connaissance suffisamment poussée leur permettant d'évaluer la qualité de la matière. Même ceux qui ont les connaissances et l'expérience requises doivent être très prudents lors de l'achat de pierres brutes.

**Couleur** Apparemment la couleur est déterminée par la nature des éléments ou des composés et qui sont intervenus lors de la cristallisation du carbone en diamant. La coloration peut varier de blanc bleuâtre à blanc, de jaune pâle à jaune, de brun pâle à brun foncé.

A l'occasion, d'autres couleurs peuvent se présenter, ainsi qu'un plus petit nombre de diamants noirs.

Tandis que pour la joaillerie l'on préfère des diamants blanc bleuâtre transparents, la couleur a peu d'importance dans les diamants utilisés pour le tréfilage. Il faut se souvenir cependant que les diamants foncés peuvent être fragiles. En outre, un certain degré de transparence est nécessaire pour faciliter un contrôle soigneux de l'orifice au cours du processus de forage.

**Pureté** Les diamants destinés à devenir des filières pour le tréfilage doivent être purs. En ce sens, pureté signifie que des pierres faisant apparaître de légères craquelures ou des pierres contenant des inclusions ne peuvent être acceptées.

Les diamants que Philips utilise pour le tréfilage doivent satisfaire à des normes de pureté encore plus exigeantes que dans le cas des diamants utilisés dans la joaillerie. Tout diamant utilisé pour des filières de tréfilage a été soumis à un examen microscopique soigneux. La pureté des filières de tréfilage Philips est l'une des raisons de leur qualité.

Il est généralement admis que les dia-

## OU L'ON TROUVE LES DIAMANTS

mants présentant les meilleures qualités moyennes telles que la pureté se trouvent principalement dans le sud-ouest de l'Afrique et au Brésil.

**Où l'on trouve les diamants** On trouve les diamants dans de nombreux endroits dans le monde. En voici une brève description:

**Inde** On pense que tous les diamants bruts venaient de l'Inde avant 1700. De nombreuses pierres fabuleuses et célèbres ont été trouvées dans les lits des rivières Godavari et Kistna, parmi lesquelles les diamants Koh-i-nor, Orloff, Nizam, Regent et Blue Hope. La découverte de gisements plus riches dans d'autres parties du monde a diminué l'importance de l'Inde comme fournisseur de diamants.

**Brésil** Des explorateurs portugais ont trouvé des diamants au Brésil en 1725. Par la suite, l'exploitation a acquis une importance toute particulière dans la

province de Bahia. Les pierres découvertes au Brésil se distinguaient souvent par leur couleur foncée et leur grande dureté. C'est cette dernière propriété qui les a distinguées pour l'utilisation industrielle. Cependant, le Brésil a fourni divers diamants dotés d'une suprême beauté; les plus connus: l'Etoile du Sud et le Régent du Portugal.

**Union Sud-Africaine** L'exploitation des diamants bruts a pris d'importantes proportions après la découverte du minerai en Union Sud-Africaine, l'un des pays les plus riches en diamants à l'heure actuelle. Une ruée générale vers cette région a commencé aux alentours de 1867 et l'exploitation fut tout d'abord complètement désordonnée; tous ceux qui voulaient une concession pouvaient en obtenir une. Cecil John Rhodes fut parmi ces pionniers de la prospection. Homme d'affaires avisé, il prit l'habitude d'acheter les concessions de ses voisins et

en 1889 il couronnait les efforts de sa société en acquérant le contrôle de la Kimberley-Centrale. La Rhodes Company contrôlait pratiquement toute exploitation diamantifère en Afrique du Sud. Gardner F. Williams, natif de Californie, ayant une grande expérience de l'exploitation, fut chargé par Rhodes de la direction technique de l'affaire. La production fut vérifiée et des règles furent introduites pour organiser le travail dans les mines. Rhodes consacra toute son énergie à essayer d'amener la production à satisfaire la demande. Après sa mort, son œuvre fut continuée par sir Ernest Oppenheimer, qui fut aidé et par suite remplacé par son fils H. F. Oppenheimer. Des pierres précieuses célèbres ont également été trouvées en Afrique du Sud; nous n'en mentionnerons que quelques-unes:

Beers	1882
Jagerfontein	1883
Imperial	1884
Excelsior	1893
Jubilee (Reitz)	1895
Cullinan	1905
Jonker	1934

**Congo** Des diamants ont été découverts en 1911 dans ce qui était alors le Congo belge dans les districts autour de Tshikapa et Bakwanga. L'exploitation s'effectue sous le contrôle de Forminière et du Consortium E.K.L. La majeure partie de la production est destinée à des fins industrielles. Le quart environ peut être poli.

Orloff



Koh-i-nor



Cullinan I





Carte montrant les différents endroits du monde où l'on trouve du diamant

**Autres districts africains** Les autres districts diamantifères en Afrique en dehors de l'Union Sud-Africaine et le Congo sont:

- Sud-Ouest africain à partir de 1908
- Angola et Guinée à partir de 1912
- Sierra Léone et Ghana à partir de 1918

- Afrique Equatoriale française à partir de 1931
- Tanganyika à partir de 1938

**Vénézuéla, Australie et Bornéo** Pour être complet, ces pays sont mentionnés, mais les quantités de diamants

qu'on y a trouvées ne présentent pas une grande importance.

**Union Soviétique** On sait depuis quel- que temps que des diamants ont été exploités sur les pentes de l'Oural, mais les quantités découvertes ont été insignifiantes pour faire face aux demandes de l'industrie nationale. Ceci explique pourquoi les ingénieurs rus- ses ont recherché de nouveaux gise- ments. Il semble que ces tentatives ont été fructueuses, car au cours des der- nières années on a annoncé la décou- verte de riches gisements sur le plateau sibérien entre les fleuves Lena et Yenisei. En 1954/1955 une douzaine de cheminées de kimberlite ont été découvertes sur les rayures supérieu- res du Markhi et du Vilyui. Il est bien- tôt apparu qu'il s'agissait d'une région riche en diamants, d'où l'établissement du Yakutalmaz Trust à Yakutia en 1957. La Russie pense que la zone de Yakutia deviendra le district minier diamanti- fère le plus important du monde.

Cullinan II



Jonker



Photos obtenues par le gracieux concours de 'Industrial Diamond Information Bureau', Londres

**PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

Élément: carbone  
 Système cristallin: cubique  
 Résistance chimique: inerte à la température ambiante  
 Poids spécifique: 2,525—3,515 g/cm<sup>3</sup>  
 Combustion à l'oxygène: à environ 800 °C  
 Coefficient de dilatation linéaire:  
 1,5 x 10<sup>-6</sup> entre 25—105 °C  
 2,23 x 10<sup>-6</sup> entre 105—205 °C  
 2,86 x 10<sup>-6</sup> entre 205—300 °C  
 3,27 x 10<sup>-6</sup> entre 300—400 °C  
 3,57 x 10<sup>-6</sup> entre 400—500 °C  
 3,85 x 10<sup>-6</sup> entre 500—600 °C

**Conductibilité thermique**

Type I: légère  
 Type IIa: maximale  
 Type IIb: maximale  
 Indice de réfraction: 2,4173 (5893 Å-Na)  
 Dureté: 10 sur échelle Mohs  
 Résistivité  
 Type I: environ 10<sup>14</sup> Ωcm  
 Type II: environ 5 Ωcm

N.B. Unité de poids: 1 carat = 0,2 g

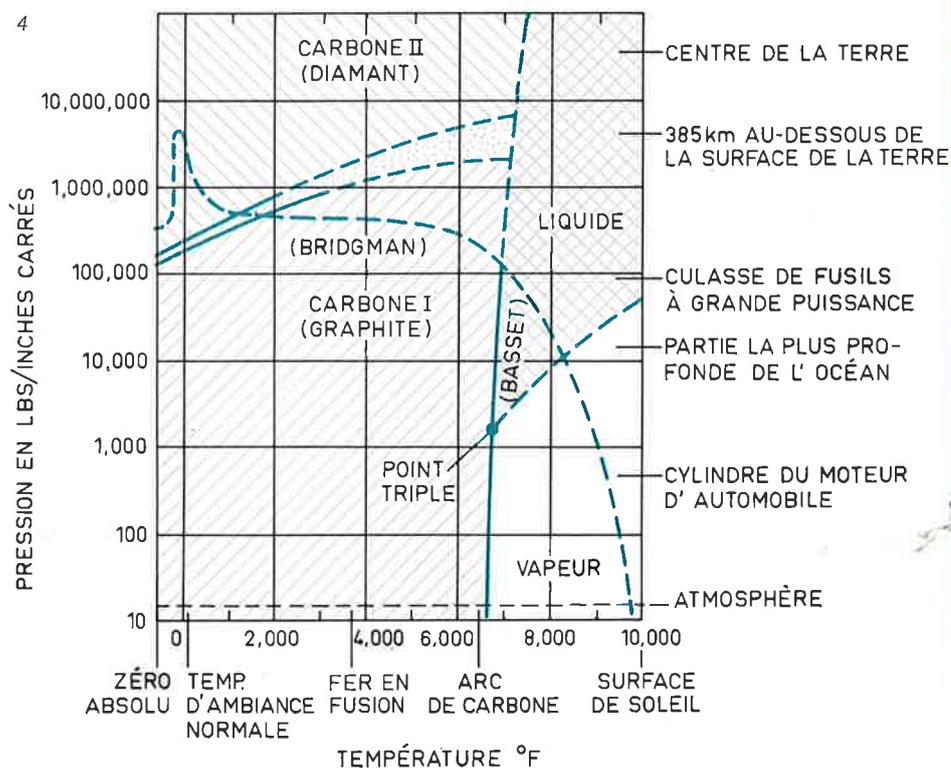


Schéma de phases de carbone

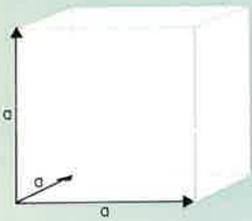
Le carbone en tant qu'élément se présente naturellement sous deux formes cristallines différentes, c'est-à-dire graphite et diamant. Les différences de propriétés entre ces deux formes sont dues à une disposition non identique des atomes de carbone.

Les cristaux de diamant sont du type régulier ou cubique. Les cristaux de cette catégorie sont marqués par la présence de trois axes à angles droits, ayant les mêmes paramètres. Dans leurs formes les plus simples, ce sont des hexaèdres réguliers, ou des cubes. Dans le cas d'un cube, les trois axes coïncident avec trois bords adjacents qui sont de longueur égale (figure 5). Les cristaux sont caractérisés par le fait qu'ils ont des plans et des axes de symétrie. Il est caractéristique du système cubique que les cristaux y appartenant ont les axes et les plans de symétrie apparaissant aux figures 6 à 12. (Figure 6 - axe quaternaire de symétrie. Figure 7 - axe ternaire. Figure 8 - axe binaire. Figures 9, 10, 11 et 12 - plans de symétrie dans un cube.)

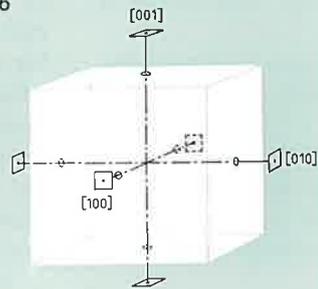
D'autres formes élémentaires de cristaux dans le système régulier sont, par exemple, l'octaèdre à huit faces, qui apparaît très souvent dans le diamant brut (voir figure 13) et le dodécaèdre rhomboïdal (figure 14) qui, dans le diamant brut, est rarement parfait mais apparaît souvent légèrement déformé. Des combinaisons de ces formes de cristaux constituant des structures plus complexes se produisent fréquemment dans les cristaux naturels et par là même, dans des diamants (figures 15 et 16).

Bien qu'il soit caractéristique pour les matériaux cristallins que les faces soient normalement plates, des influences mécaniques telles que l'usure par érosion et, quelquefois, les irrégularités de développement peuvent entraîner des plans de clivage courbés. On trouve fréquemment de telles faces cristallines dans les diamants; elles sont le plus souvent dues à un développement irrégulier, car les diamants sont durs et rarement sujets à l'usure.

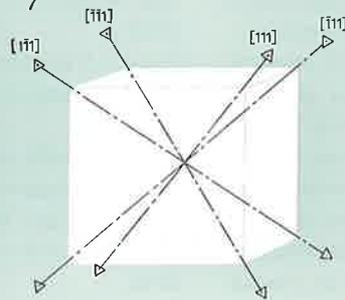
5



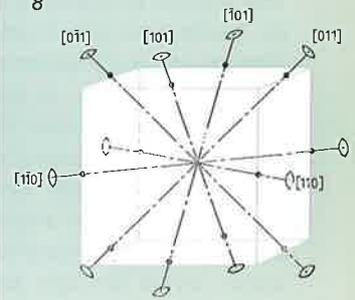
6



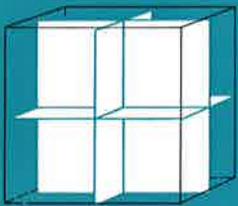
7



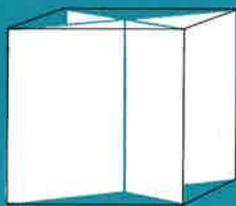
8



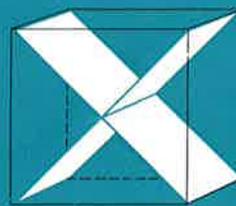
9



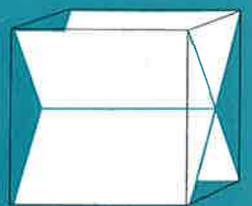
10



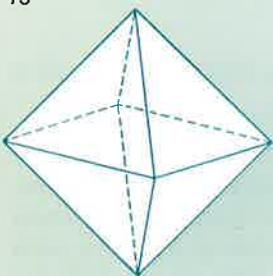
11



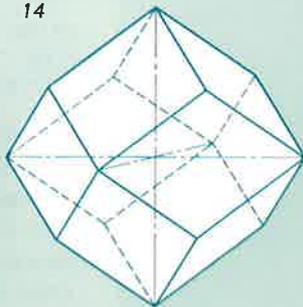
12



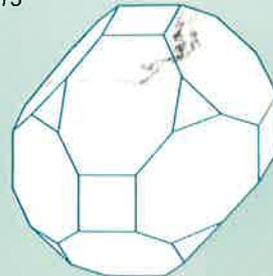
13



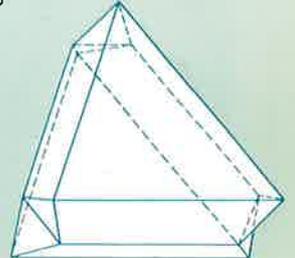
14



15



16



### Structure atomique de diamants

Les atomes de carbone dans un cristal de diamant ont une structure réticulaire. Chaque atome de carbone étant entouré par quatre autres, le schéma se présente dans les figures 17 et 18.

Le réseau de diamant indiqué ici est purement théorique. Un diamant entièrement pur ayant ses atomes exactement à la place voulue et ne contenant aucun atome étranger serait un parfait isolant; en outre, il n'y aurait pas de double réfraction, ni d'absorption de lumière dans le spectre visible. Il n'y a pas de diamant naturel, cependant, qui ne soit marqué par une certaine dislocation du réseau ou qui ne contienne des atomes étrangers. L'absorption de lumière ultraviolette et infrarouge se produit dans tous les diamants naturels. L'absorption du composant ultraviolet en particulier est si caractéristique des diamants qu'elle a constitué la base sur laquelle les pierres sont réparties en deux groupes:

Type I transmet la lumière ultraviolette des longueurs d'onde supérieures à 3000 Å.

Type II transmet la lumière ultraviolette des longueurs d'onde supérieures à 2000 Å.

Les diamants du type I se présentent le plus fréquemment; ce sont les matériaux de base utilisés pour la production de filières de tréfilage et en joaillerie.

Les diamants du type II sont comparativement rares. Ils sont le plus souvent de faible taille; les diamants de semi-conducteurs et de compteurs appartiennent à cette catégorie. L'impression générale est qu'ils ont moins de défauts de réseau et qu'ils contiennent moins d'impuretés.

### Usure

Le diamant est l'une des substances les plus dures connues sur la terre. Ceci est probablement dû à la disposition des atomes (la distance entre un

atome et son voisin est de 1,54 Å). La résistance à l'usure n'est pas la même pour toutes les parties et toutes les directions du cristal du diamant; les différences sont même assez prononcées.

En observant la figure 17 et en essayant de visualiser la disposition des atomes selon les différents plans, l'on trouve les schémas suivants:

- a. Face cubique (100) (figure 19)
- b. Face dodécaédrique (110) (figure 20)
- c. Face octaédrique (111) (figure 21)

Les atomes représentés par (●) sont situés dans le plan du dessin, et ceux qui sont représentés comme (◊) sont dans le plan immédiatement sous-jacent.

On notera en outre que la distance entre une face cubique et sa voisine est de  $\frac{1,54}{4} = 0,385$  Å et qu'entre une

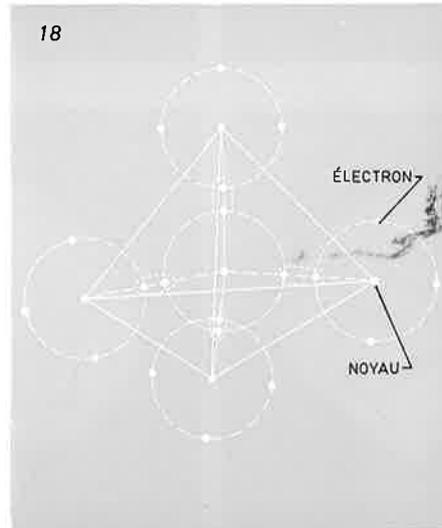
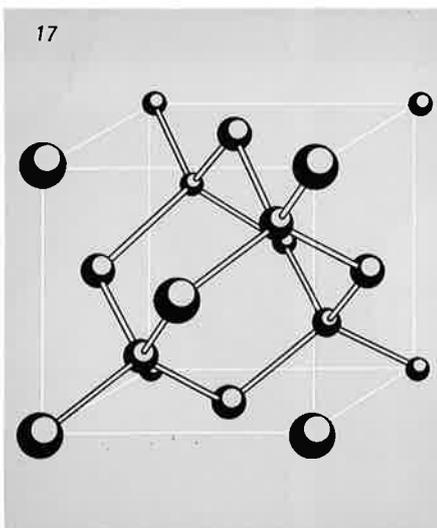
face dodécaédrique et sa voisine de  $1,54/\sqrt{2} = 0,543$  Å, tandis qu'entre deux faces octaédriques successives, celle-ci peut être de deux valeurs différentes. Une face octaédrique peut par exemple être à une distance de

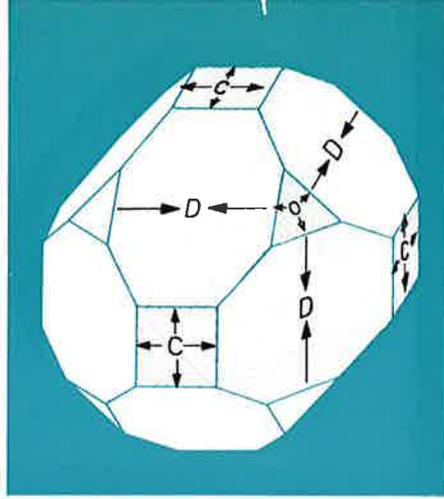
$$\frac{1,54}{12} \times \sqrt{3} = 0,22 \text{ Å d'un plan de joint,}$$

$$\text{et de } \frac{1,54}{4} \times \sqrt{3} = 0,667 \text{ Å de la face la}$$

plus proche de l'autre côté.

En considérant cette disposition des atomes et les distances qui les séparent, il est apparu possible d'expliquer pourquoi la résistance à l'usure varie dans des plans différents et dans des directions différentes sur le même plan.



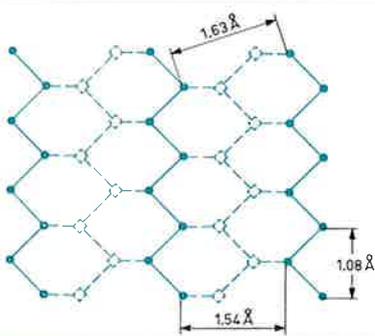


22

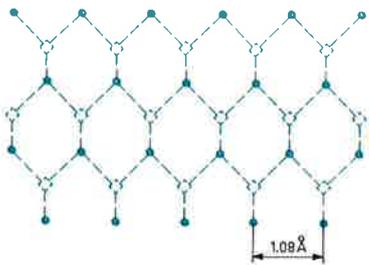
19



20

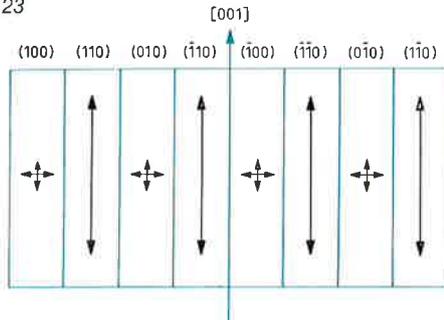


21

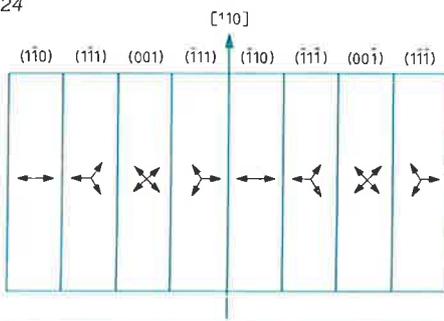


La figure 22 montre un cristal de diamant dans lequel les trois différents plans de symétrie ont été indiqués. Les directions de moindre résistance à l'usure sont également portées. Le tréfilage de fils à travers des filières de diamant a révélé qu'après utilisation

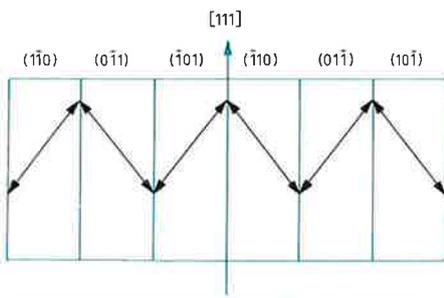
23



24



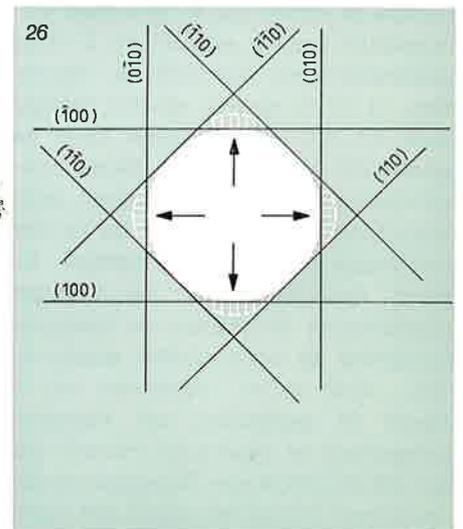
25



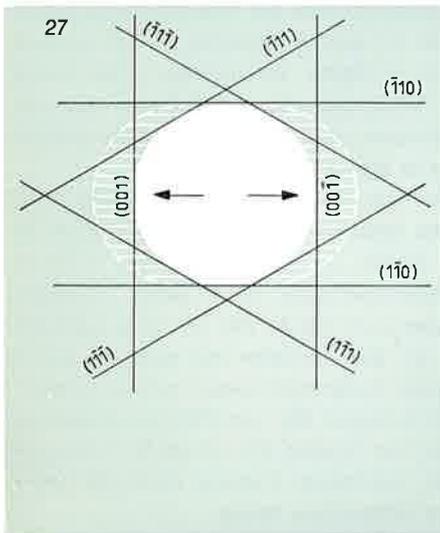
Lorsqu'un trou est foré pour être parallèle à l'axe quaternaire, il est entouré par 8 faces principales, c'est-à-dire 4 faces cubiques et 4 faces dodécédriques, comme le montre la projection de la figure 23.

Un trou foré pour être parallèle à un axe binaire est également entouré de 8 faces: 2 faces cubiques, 2 faces dodécédriques et 4 faces octaédriques (voir figure 24). Un trou parallèle à un axe ternaire est entouré par 6 faces dodécédriques (comme le montre la figure 25). Les flèches dessinées sur les figures 23, 24 et 25 indiquent les directions d'usure maximale dans les différentes faces.

Dans le cas d'un trou parallèle à l'axe quaternaire tel que le montre schématiquement la figure 26, une usure maximale sur les faces dodécédriques apparaît avoir lieu dans le sens d'étrépage. L'usure est maximale sur ces faces, entraînant une tendance du trou à devenir carré.

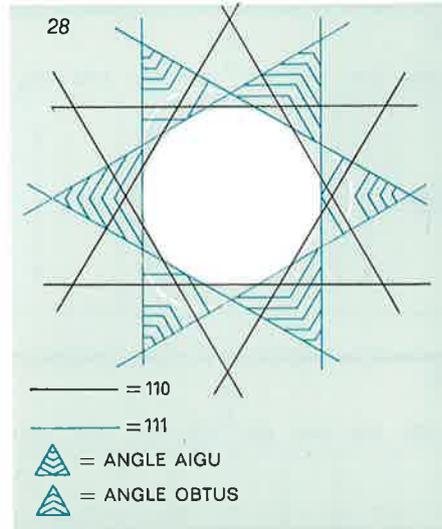


d'une filière pendant un certain temps la forme du trou changeait considérablement. Elle peut devenir ovale, triangulaire, hexagonale ou carrée. L'une des raisons de ces changements dans la forme est la position du trou par rapport à la direction cristallographique.



Lorsque le trou est parallèle à l'axe binaire, des traces d'usure apparaissent inévitablement, tout d'abord sur les faces cubiques. Ici le trou tend à devenir ovale (figure 27).

Un trou foré pour être parallèle à un axe ternaire aurait tendance à subir une usure hexagonale car, ainsi que le montre la figure 25, le trou peut être considéré comme entouré de 6 faces dodécaédriques. En général, cependant, la forme du trou devient triangulaire. En fait, un trou ainsi situé est également entouré de 6 faces octaédriques qui renferment un petit angle avec l'axe ternaire au lieu de lui être parfaitement parallèle. Comme les faces dodécaédriques, les 6 faces octaédriques constituent un hexagone équilatéral et équiangulaire autour du trou. Ainsi qu'on l'observera sur la figure 28 cependant, cet hexagone octaédrique se situe à  $30^\circ$  devant celui qui est constitué par l'hexagone dodécaédrique. Il apparaît que 3 des faces



octaédriques inscrivent un angle aigu avec l'axe ternaire, tandis que les 3 autres rencontrent l'axe selon un angle obtus. L'usure commence sur les faces dodécaédriques dont la place est éventuellement prise par des faces octaédriques. Comme nous l'avons déjà signalé auparavant cependant, ces faces octaédriques possèdent la plus grande résistance à l'usure et, de ce fait, la vitesse à laquelle les diamants s'usent tombe à sa valeur la plus faible possible. Les faces octaédriques inscrivant un angle aigu avec l'axe s'usent plus vite que les autres, et ceci a pour résultat une tendance du trou à devenir triangulaire.

Tout ceci suppose que le trou coïncide exactement avec l'axe considéré, mais en pratique, il y a presque toujours une différence de quelques degrés. Ceci peut avoir pour résultat une usure intervenant selon un schéma tout à fait différent.

Afin de forer le trou avec la plus grande

précision possible dans la direction cristallographique requise, un appareil radiologique avec amplificateur de luminance est utilisé pour déterminer cette direction.

Il faut se souvenir que le diamant est un produit de la nature et que, par conséquent, ses propriétés n'obéissent à aucune norme stricte. La qualité de la pierre et les conditions du processus d'étirage (graissage, température, qualité du fil et de la tréfileuse) ont une grande influence sur l'usure de la filière.

# filières en diamant





Une filière en diamant est un outil de précision utilisé pour étirer des fils de divers métaux. Pour du fil dont le diamètre et l'état de surface doivent répondre à des exigences impératives, les filières en diamant donneront vrai-

semblablement les meilleurs résultats. Leur résistance à l'usure les amène à durer plus longtemps que des filières en tous autres matériaux, ce qui représente un avantage économique. Le processus d'étirage comprend l'éti-

rage d'un fil à travers une ouverture d'un diamètre plus petit, ayant pour résultat une réduction du diamètre du fil. En d'autres termes, le fil d'origine est réduit en diamètre, tandis que le volume total est maintenu, ce qui a pour résultat un allongement du fil. On utilise les termes suivants:

Allongement  $\lambda = \frac{100 \beta}{100 - \beta}$

Réduction de section  $\beta = \frac{100 \lambda}{100 + \lambda}$

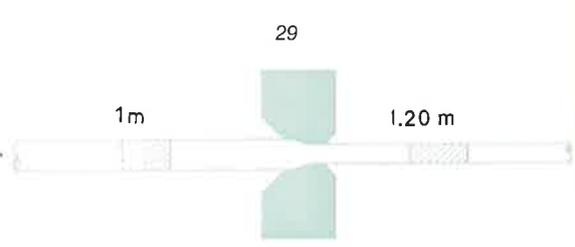
Réduction de diamètre  $\delta = 100 \left(1 - \sqrt{\frac{\beta}{\lambda}}\right)$

Le chapitre intitulé „Calcul de séries” contient un tableau montrant le rapport qui existe, en pourcentage, entre l'allongement, la réduction de section et la réduction de diamètre.

Afin de permettre une déformation du fil, l'ouverture dans la filière doit avoir un certain profil qui est établi comme suit (figure 32).

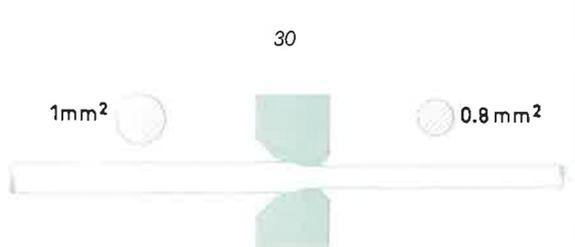
A. Un cône d'entrée permettant au fil et au lubrifiant de pénétrer dans la

**Allongement ( $\lambda$ )** Ceci caractérise l'allongement du fil lorsqu'il passe à travers une filière. L'allongement est exprimé en pourcentage de la longueur d'origine.  
*Exemple:* longueur avant la filière = 1 m, longueur après la filière = 1,20 m. Allongement 20 %.



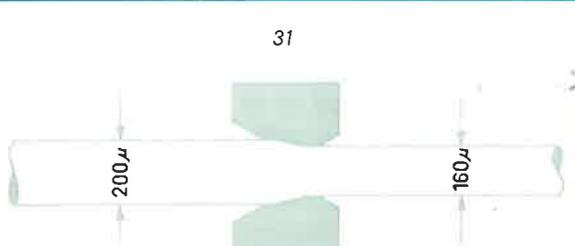
29

**Réduction de section ( $\beta$ )** C'est la proportion selon laquelle la surface de la section transversale d'un fil est réduite lorsque le fil passe à travers la filière. La réduction est exprimée en pourcentage de la superficie d'origine de la section transversale.  
*Exemple:* section transversale  $\frac{\pi}{4} d^2 = 1 \text{ mm}^2$  avant la filière et  $0,8 \text{ mm}^2$  après. Réduction de section 20 %.

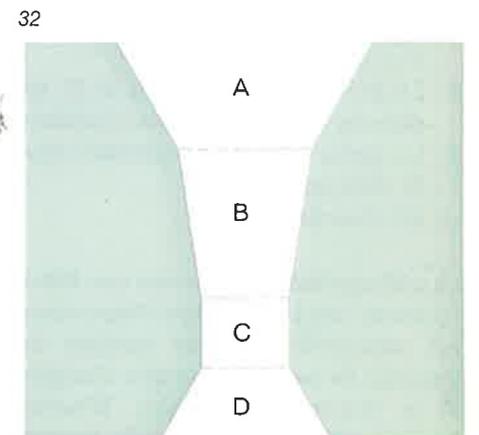


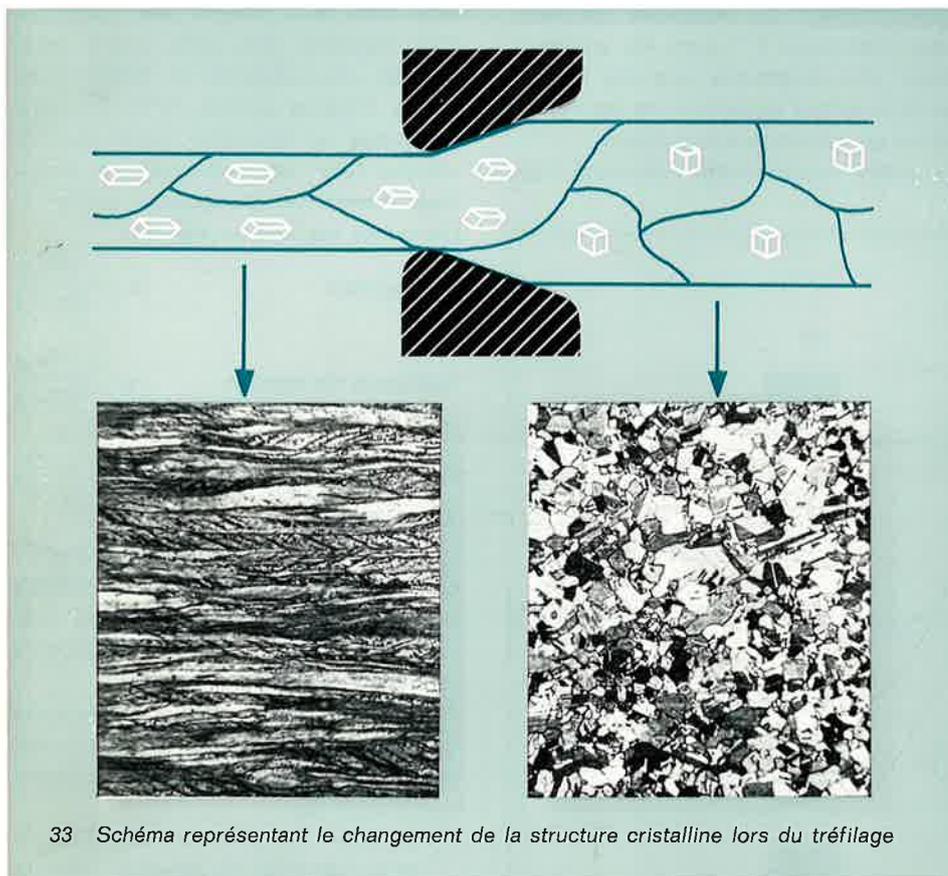
30

**Réduction de diamètre ( $\delta$ )** Ceci définit la proportion dans laquelle le fil se réduit de diamètre lorsqu'il passe à travers la filière. Cette réduction est exprimée en pourcentage du diamètre avant l'étirage.  
*Exemple:*  $\varnothing = 200$  microns avant la filière et  $160$  microns après. La réduction de diamètre est égale à 20 %.



31





33 Schéma représentant le changement de la structure cristalline lors du tréfilage

zone de réduction en douceur et convenablement.

- B. La zone de réduction où le fil est déformé pour réduire son diamètre.
- C. La partie cylindrique (portée) pour le calibrage du fil.
- D. Le cône de sortie.

Le tréfilage des fils à travers une filière nécessite une énergie dont l'importance est déterminée par les qualités du matériau de base, le diamètre d'origine et la réduction nécessaire. D'autres facteurs influençant la force de traction

sont l'angle de réduction et le type de lubrifiant.

Il est difficile de définir purement en théorie le rapport entre la force de traction requise et le point de rupture du fil, car les propriétés de ce dernier changent à chaque fois qu'il passe à travers une filière (le matériau devient plus dur: écrouissage). Dans la pratique, ces valeurs sont déterminées expérimentalement. La force de traction est mesurée pendant le processus à un point situé immédiatement derrière la filière. On peut mesurer la résistance

du fil à l'aide d'un indicateur de charge de rupture. Afin d'éviter la rupture, on observe une marge de sécurité en s'assurant que la force de traction reste toujours au-dessous de la charge de rupture.

### DIRECTION DU CANAL

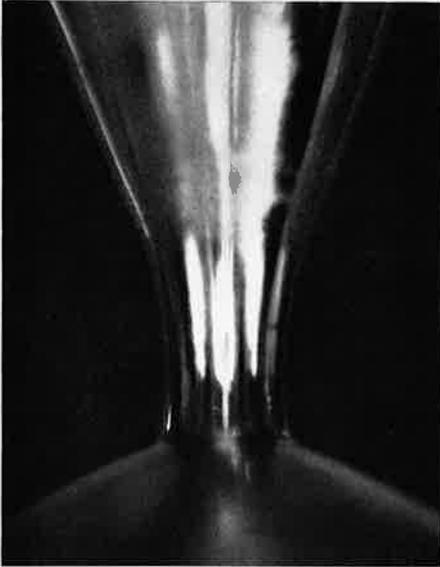
Dans le chapitre sur la cristallographie, il a été expliqué que la résistance à l'usure du diamant varie selon les différents plans cristallins et selon les différentes directions d'un même plan. En résumé: les faces octaédriques (111) possèdent la plus grande résistance à l'usure; il est donc important d'assurer au canal une direction telle, qu'il soit entouré autant que possible de faces (111).

Ainsi le canal est foré pour se trouver parallèle à l'axe ternaire de symétrie, comme le montre la figure 7 de la page 9.

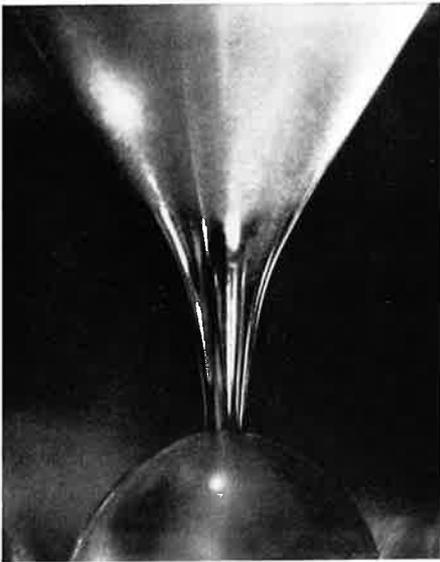
### PROFIL DU CANAL

Le progrès accéléré de la technologie au cours des dernières décades n'a pas manqué d'influencer considérablement la fabrication des fils. Les vitesses d'étrirage se sont élevées considérablement et les exigences imposées en matière de qualité et de dimensions sont devenues de plus en plus strictes. Bien entendu, des améliorations des bancs d'étrirage et des lubrifiants devaient être accompagnées d'améliorations correspondantes quant à la qualité des filières.

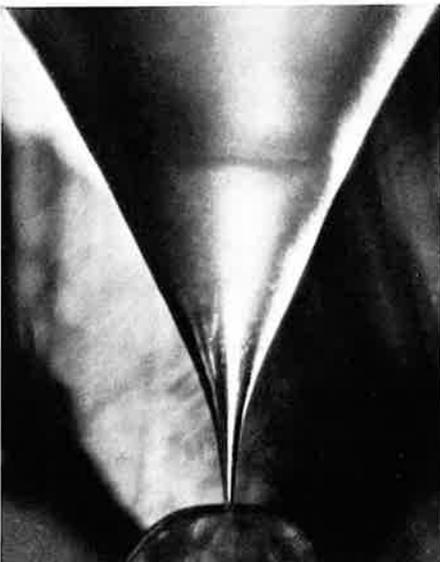
Philips a ses propres ateliers de tréfilage et suit étroitement toute amélioration apportée dans le domaine des machines et des lubrifiants. Les filières sont toujours adaptées aux toutes dernières exigences.



35



36



Une longue pratique et des expériences innombrables réalisées par les usines Philips ont conduit à l'adoption de trois profils principaux de canaux, un pour l'étirage de fils de cuivre (figure 34), un pour l'acier (figure 35) et un pour le tungstène (figure 36). Toutes les filières réalisées par Philips sont basées sur ces trois types principaux.

#### Renseignements à fournir

Il est essentiel que les commandes de filières fournissent tous les renseignements précis nécessaires pouvant aider à ce que les filières satisfassent à toutes exigences déterminées. Ceci doit nécessairement apporter des résultats optimaux en fin de compte. Les renseignements nécessaires sont les suivants:

1. Matériau du fil à étirer (tension de rupture; composition).
2. Diamètre du fil à l'entrée.
3. Diamètre final requis.
4. Tolérances requises (+, - ou ±).
5. Diamètre et épaisseur du boîtier.
6. Marque et type du banc à tréfiler (à filière unique ou à filière multiple).
7. Allongement minimum par filière sur le banc.
8. Etirage à froid ou à chaud.
9. Vitesse d'étirage du fil fini (vitesse de sortie).
10. Lubrifiants (dans le cas d'une émulsion, indiquer l'acidité et la teneur en graisse).

#### TOLERANCES SUR LE DIAMETRE DE LA PORTEE

Les tolérances admises par Philips sur le diamètre sont très étroites déjà, et ce n'est que dans certains cas exceptionnels qu'elles peuvent être encore rendues plus serrées. Les tolérances normales sur les diamètres des filières d'étirage Philips sont énumérées ci-dessous.

diamètre de la portée en mm	tolérance
< 0,020	0,015 D
0,020 - 0,025	0,0003 mm
0,026 - 0,050	0,0004 mm
0,051 - 0,075	0,0006 mm
0,076 - 0,100	0,0008 mm
0,101 - 0,200	0,0016 mm
0,201 - 0,335	0,002 mm
> 0,335	0,003 mm

Normalement, les tolérances sur des filières fournies par Philips sont négatives, mais si l'utilisateur préfère qu'il en soit autrement, les filières peuvent être fournies avec des tolérances qui soient:

- a. positives ou
- b. en partie positives, et en partie négatives.

#### Vérification de la cote de l'alésage

**Méthode du poids** Un fil dont le poids volumétrique est connu avec précision est étiré à travers une filière en diamant. Le poids d'une longueur donnée (norme 200 mm) de fil étiré de cette manière est déterminé en utilisant une balance de torsion. Les renseignements ainsi obtenus sont utilisés pour calculer le diamètre exact du fil (qui est égal à la cote de l'alésage) comme suit:

$$D = \sqrt{\frac{4G}{l \times \text{s.g.} \times \pi}}$$

D = diamètre du fil

G = poids du fil

s.g. = poids spécifique

l = longueur du fil

**Méthode de résistance** Dans ce cas on mesure la résistance électrique du fil étiré; en supposant que la résistivité du métal soit connue, il est possible de calculer le diamètre du fil (qui est égal à l'alésage) en utilisant la formule suivante:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \rho \times l}{\pi \times R}}$$

D = diamètre du fil

$\rho$  = résistivité

l = longueur du fil

R = résistance du fil

Philips utilise exclusivement la première méthode (du poids), car elle est moins affectée par les facteurs extérieurs. Le poids spécifique et la résistivité sont tous deux influencés par la température, mais les variations de température affectent la résistivité dans une beaucoup plus large mesure que ce n'est le cas avec le poids spécifique. En conséquence, l'inexactitude est plus grande avec des essais de résistance qu'avec des essais de poids.

Note: Le diamètre est vérifié avec un fil étiré à la main.



37 Vérification de la cote de l'alésage par détermination d'un fil étiré.  
 Au premier plan la vérification de l'arrondi à l'aide d'un micromètre.

## TOLERANCES SUR L'ARRONDI DU TROU

L'arrondi du trou doit également satisfaire à des conditions tout à fait impératives. Les tolérances sont les suivantes:

1. Filières avec un diamètre de 0,400 mm ou moins: maximum  $\frac{1}{2}$  % du diamètre.
2. Filières avec un diamètre à partir de 0,401 mm à 1,500 mm: maximum 2 microns.
3. Filières avec un diamètre de 1,501 mm et au-dessus: maximum 3 microns.

### Vérification de l'arrondi

L'arrondi n'est pas vérifié tant que la cote de l'alésage n'a pas été considérée comme correcte.

L'arrondi du trou dans les filières ayant un diamètre inférieur à 0,100 mm est contrôlé par des moyens optiques. Dans le cas de diamètres plus grands, le fil étiré est placé entre les „têtes" d'un micromètre ayant une échelle en microns, et on le fait tourner. La pression de mesure doit être réglable, car son influence sur le résultat de l'essai doit être minimisée dans la mesure du possible.

### MONTAGE

Alors qu'à l'origine le support de montage ne servait qu'à faciliter la manipulation de la pierre, sa principale fonction aujourd'hui est d'augmenter la durée de vie de la filière.

### But

1. Au cours de l'étirage, la filière est soumise à des contraintes, dont les résultantes sont dirigées vers l'extérieur. Dans certaines conditions,

les forces impliquées peuvent atteindre des valeurs qui pourraient facilement amener le diamant à craquer. Le support de montage contrebalance ces influences; la force avec laquelle il maintient le diamant en son centre agit dans un sens opposé à celui des contraintes.

2. Au cours de la déformation du fil, la température à l'intérieur de la filière atteindrait des valeurs élevées si la chaleur n'était pas évacuée rapidement et d'une manière efficace. C'est un autre aspect à considérer, lors du choix du matériau à utiliser pour le montage.

Il est évident que des températures excessives dans la filière annihilent l'influence du lubrifiant.

Ces facteurs ont été pris en considération pour la conception du fretage des filières Philips.

#### Dimensions

Diamètre de filière en microns	Dimensions de la monture en mm
< 0,100	25 Ø x 6
0,101 - 0,500	25 Ø x 8
0,501 - 1,000	25 Ø x 10
> 1,000	25 Ø x 12

Différentes dimensions peuvent être fournies sur commande.



L'un des facteurs pris en considération lors de l'estimation de filières en diamant est le diamètre maximal auquel la filière peut être réalésée sans réduire sa résistance au delà du minimum requis lors de l'étrépage. Les possibilités de réalésage sont influencées par les dimensions du diamant, par la manière dont il est monté et dont il est utilisé. Ceci se rapporte en dernier lieu au processus d'étrépage (lubrifiant utilisé, taux de réduction, type de fil, et con-

ditions du banc d'étrépage), ainsi qu'à l'entretien de la filière (repolissage en temps utile, prenant en considération la forme du canal, les proportions de ses différentes parties et la qualité du glaçage). Bien que l'on admette que les dimensions du diamant aient une influence sur les possibilités de réalésage, il est plus économique d'amener une absorption par la monture des forces en présence lors de la déformation du fil. Les

filières Philips sont conçues de telle sorte que la frette resserre la pierre en cours de travail ce qui permet d'appliquer lors de l'étrépage des charges qui sont supérieures à ce qui serait normalement le cas.

Un autre point important à ne pas oublier est le fait qu'il ne serait pas bon d'accroître le nombre de réalésages possibles en prenant des diamants de plus en plus gros. Ceci pourrait peut-être être acceptable, si le prix des diamants était proportionnel à leur taille, mais en fait les gros diamants sont exagérément plus coûteux que les petits.

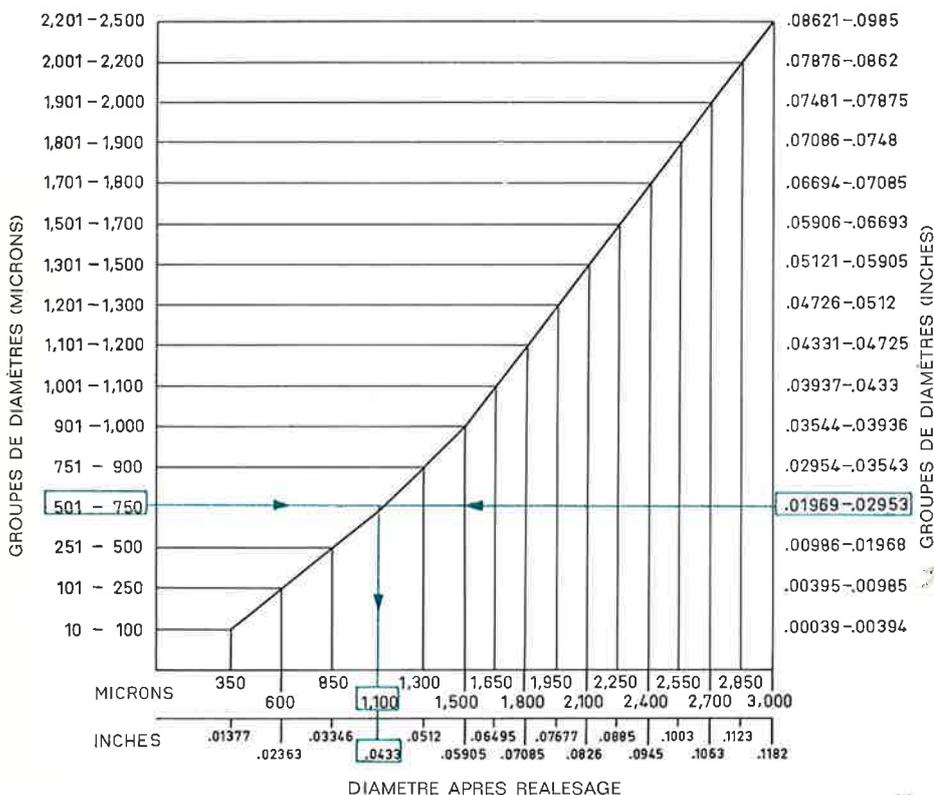
En outre, il ne faut pas oublier que:

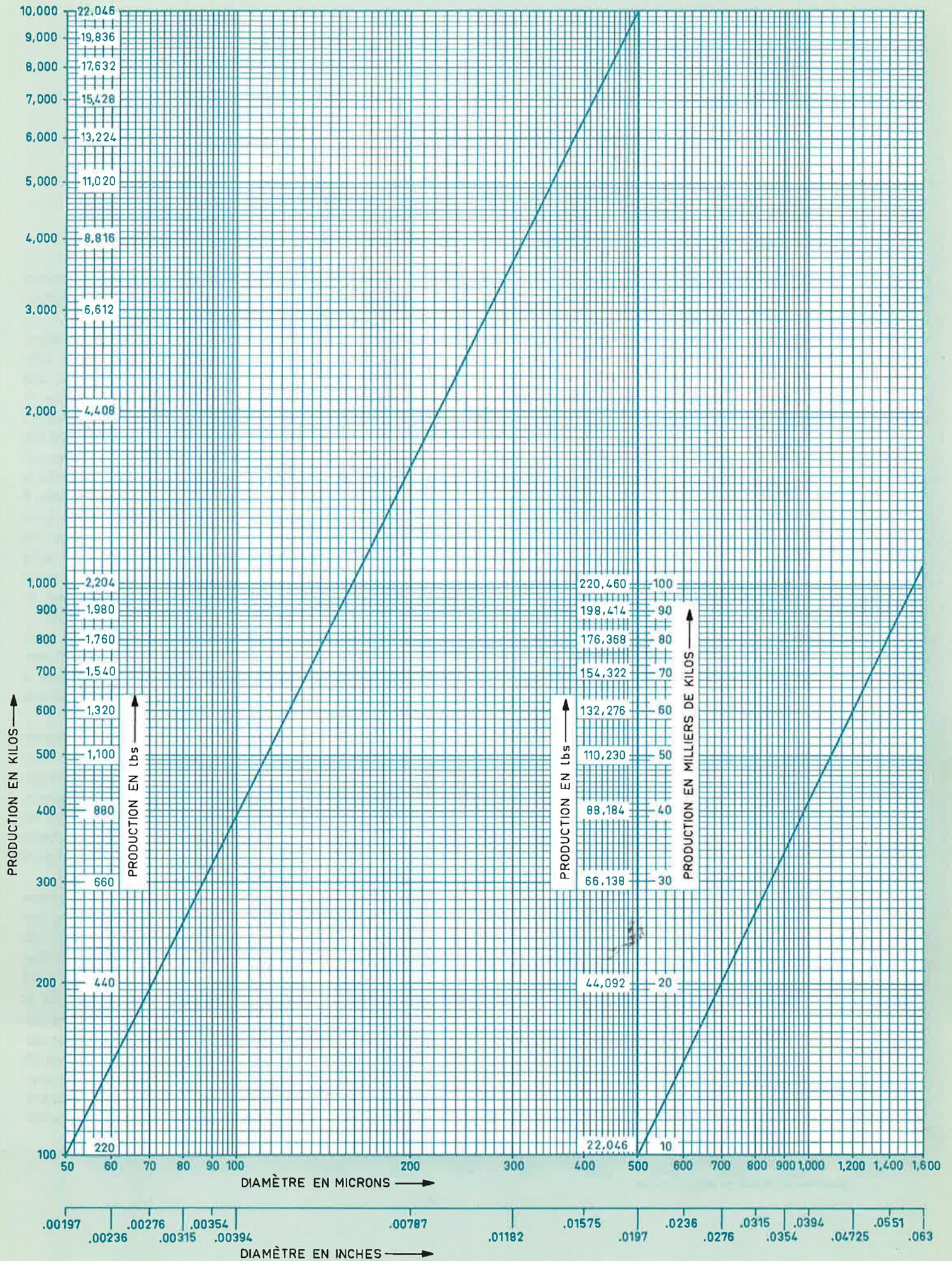
- a. la part d'usure supportée par la filière est directement proportionnelle à la longueur du fil étré;
- b. le poids du fil par unité de longueur augmente comme le carré du diamètre.

En supposant par exemple que 6000 km de fil de cuivre soient étréés à travers une filière jusqu'au moment où les limites de tolérance sont dépassées, ceci signifierait que:

- a. une filière d'un diamètre de 0,500 mm aurait une production de 10800 kg de fil de cuivre;
- b. une filière d'un diamètre de 0,150 mm aurait une production de 960-kg de fil de cuivre.

Ceci implique que, afin d'étréer la quantité de fil produite avec une filière de 0,500 mm pour l'amener à un diamètre de 0,150 mm, onze filières d'un diamètre de 0,150 mm seraient nécessaires. Si toutes ces onze pierres pourraient être réalésées pour produire un fil de 0,500 mm, ceci donnerait lieu à une production réalisée par  $11 \times 11 = 121$  filières d'un diamètre de 0,150 mm. Il apparaît ainsi que l'on dispose d'un surplus important de filières de gros diamètre si l'on utilise les pierres avec efficacité. C'est un problème auquel on doit faire face dans chaque atelier de tréfilage et qui deviendrait même encore plus sérieux si l'on utilisait des diamants plus gros afin d'accroître encore davantage le nombre de réalésages possibles. Il ne faut pas oublier que la valeur résiduelle du diamant est extrêmement faible par comparaison avec le prix investi à l'origine lorsque





le diamant devait devenir une filière d'étrirage.

Le diagramme 38 fait apparaître les diamètres maximaux auxquels peuvent généralement être réalisées les filières Philips. Ceci est basé sur le diamètre de la nouvelle filière. Le diagramme révèle qu'une filière ayant à l'origine

un diamètre de 0,550 mm par exemple (qui place la filière dans la catégorie de diamètres 0,501 à 0,750 mm) peut éventuellement être réalisée à 1,100 mm.

Il est évident que l'obtention des maxima indiqués dépend en réalité de la manière dont les filières sont traitées. L'expérience nous a montré

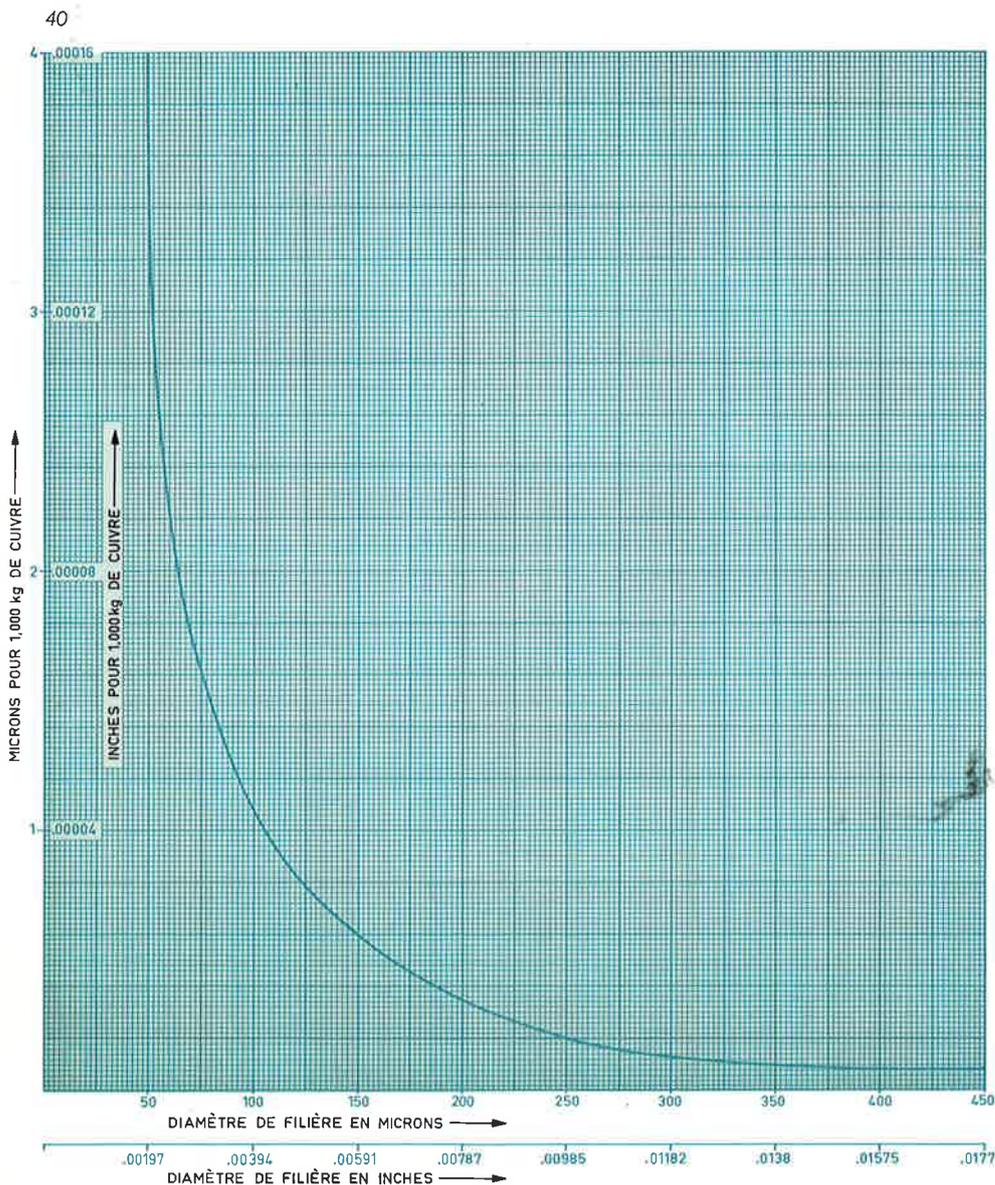
qu'une filière qui est convenablement traitée permettra même des diamètres encore plus importants.

Ainsi que vous le savez probablement, nous garantissons que les filières utilisées dans l'étrirage du cuivre ont une production d'au moins 1000 kg de fil pour chaque 10 microns du diamètre original, avec un maximum de 100.000 kg. Cette garantie inclut le réalésage. Ceci signifie qu'une filière destinée à étirer du fil de cuivre et commandée à un diamètre de 0,350 mm doit produire au moins 35.000 kg. En outre, ceci ne s'applique pas uniquement au fil étiré depuis l'ouverture d'origine; ceci inclut la sortie après réalésages pendant le reste de la durée de vie de la filière.

Le fil produit en dernier lieu peut avoir un diamètre par exemple de 0,550 mm. Les filières d'un diamètre supérieur à 1,000 mm ont une production maximale garantie de 100.000 kg.

Afin de donner au lecteur une impression des résultats qui peuvent être obtenus avec les filières d'étrirage Philips, nous reproduisons un diagramme d'usure en microns par 1000 kg de fil étiré basé sur les résultats moyens dans nos ateliers de tréfilage (figure 40).

Nous publions également un graphique montrant la production de filières terminales utilisées dans l'étrirage du cuivre jusqu'au premier réalésage (fig. 39). La tolérance pour ovalisation a été considérée comme une mesure de la nécessité éventuelle d'un nouveau polissage. Au moment où l'ovalisation dépassait 1 % du diamètre, ou, en cas de filières avec des diamètres au-dessus de 0,500 mm atteignait 5 microns, les filières étaient polies à nouveau.



## CALCUL DE SERIES

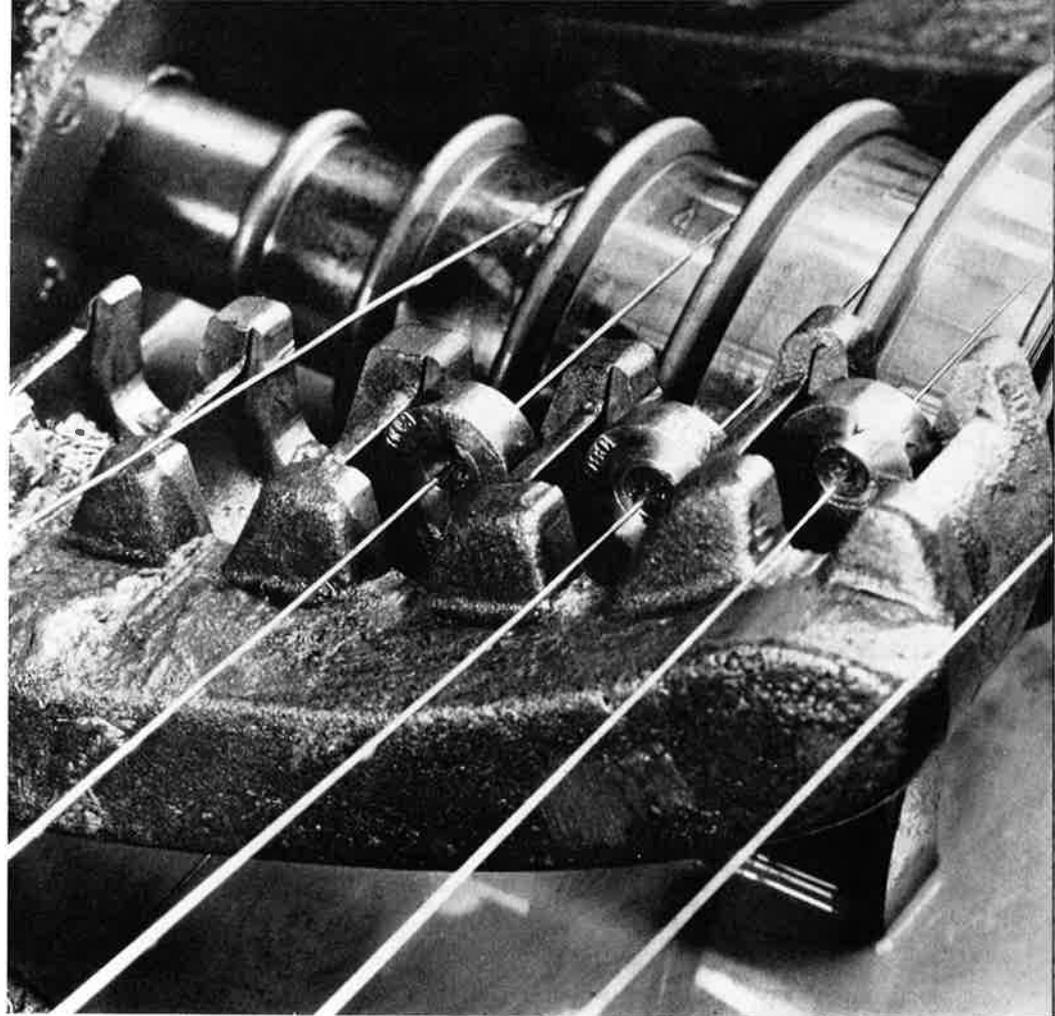
Dans le tréfilage multiple, lorsque le fil peut glisser sur les cônes, il faut veiller soigneusement à ce que la série soit d'un schéma bien conforme avec celui du banc d'étirage.

L'étirage est un processus de déformation au cours duquel le volume du fil reste inchangé. De ce fait, le fil devient plus fin et plus long, et chaque étage de cône consécutif doit rattraper une plus grande part de fil que le précédent. En étirant sur des machines à filières multiples, un certain nombre d'étages de cônes sont montés sur le même arbre; en conséquence, ils ont tous les mêmes vitesses angulaires. On obtient une vitesse circonférentielle plus importante en augmentant le diamètre de l'étage du cône. Cette augmentation de la vitesse, due à une différence de diamètres, s'exprime en pourcentage.

On évite toutes irrégularités mineures du processus d'étirage en maintenant la vitesse du fil inférieure à celle de l'étage du cône: Par suite, le fil glisse sur le cône.

La conséquence en est que l'allongement en pourcentage de la série par passe doit toujours excéder ou égaler l'augmentation de vitesse, en pourcentage, entre deux étages de cônes.

Si la vitesse circonférentielle d'un étage de cône, par exemple, est de 20 % supérieure à celle du précédent, l'allongement pour la filière entre ces deux étages doit dépasser ou être égal à 20 %. Si le pourcentage d'allongement par filière tombe au-dessous de l'augmentation proportionnelle de vitesse par étage de cône, alors le fil commence à se mouvoir plus rapidement que le cône. En d'autres termes, le fil



tend à entraîner le cône pour ainsi dire. Ceci étant impossible, le fil doit nécessairement se casser.

Le fabricant du banc d'étirage sachant ceci, indique toujours dans sa spécification l'allongement minimum par filière pour lequel la machine a été conçue. Ce pourcentage d'allongement minimum dépasse toujours l'augmentation proportionnelle de vitesse par étage de cône. Lorsque le cône est usé, et a besoin d'être rectifié, il est essentiel que les proportions entre les diamètres d'étages de cônes soient ramenées à leur valeur initiale.

En conséquence du principe énoncé, il est également nécessaire de tenir compte de ce qui suit lors du calcul de série.

Les calculs et les commandes de séries de filières sont généralement basés sur le diamètre nominal. Il est impossible cependant de fabriquer dans une usine une filière au diamètre exact requis. Par suite, certaines limites de tolérances sur le diamètre sont indispensables. Ainsi, il peut arriver qu'une filière

ait le diamètre maximal permis, tandis que le diamètre de la suivante est minimal. L'inverse peut également se produire. Cependant, le rapport entre ces deux filières doit obéir au principe selon lequel l'allongement doit dépasser l'augmentation de vitesse entre les tambours.

Ceci peut être illustré par un exemple. Un fil d'un diamètre final de 0,200 mm est étiré sur un banc nécessitant un allongement minimum de 20 %. La tolérance sur le diamètre final du fil est de 0,002 mm. Par conséquent, le diamètre du trou de la filière peut varier entre 0,198 et 0,200 mm. Supposant que le diamètre de l'avant-dernière filière soit  $D_a$ , cette filière peut varier de  $D_a$  jusqu'à  $D_a + 0,002$ . Ceci peut être formulé comme suit:

- 1) 0,198 — 0,200
- 2)  $D_a$  —  $D_a + 0,002$

Comme 0,200 et  $D_a$  sont séparés par la plus petite distance possible, il faut veiller à ce que l'allongement entre ces deux diamètres ne soit pas inférieur aux 20 % prescrits.

En prenant comme base le diamètre de 0,200 mm, il apparaît que pour un allongement de 20 %, Da égale 0,2191 mm. Ainsi le diamètre de la filière numéro 2 doit être situé entre 0,2191 et 0,2211 mm. Le restant de la série doit être calculé de la même manière.

Il est évident qu'après la réalisation d'une certaine quantité de fil, les filières commencent à ressentir les effets de l'usure. L'usure n'étant pas la même pour toutes les filières, ceci peut quelquefois amener le pourcentage d'allongement entre deux filières à tomber au-dessous de l'augmentation de vitesse entre deux étages de cônes. Ceci

entraînera une rupture du fil.

On connaît diverses méthodes de calculer une série d'étréage. Celle qui est basée sur l'utilisation de la règle à calcul est certainement la plus courante. Cependant, si l'on veut ou si l'on a besoin d'obtenir des résultats excessivement précis, une manière simple de les réaliser consiste à appliquer la formule suivante:

$$De = Da \sqrt{\alpha}$$

où De est le plus petit diamètre, Da le diamètre immédiatement plus grand,  $\alpha$  un facteur dépendant de l'allongement ou de la réduction de section.  $\alpha$  peut être tiré de l'équation suivante:

$$\alpha = \frac{\beta}{\lambda}$$

$\beta$  = pourcentage de réduction de section

$\lambda$  = pourcentage d'allongement

Le tableau ci-joint montre les valeurs de  $\sqrt{\alpha}$  et de  $-\log \sqrt{\alpha}$  pour différents pourcentages de l'allongement ( $\lambda$ ) et des réductions de section ( $\beta$ ). En convertissant ceci en valeurs logarithmiques correspondantes, nous trouvons

$\log De + (-\log \sqrt{\alpha}) = \log Da$ ,  
cette équation permettant d'effectuer un calcul rapide et précis de la série à réaliser.

$\lambda$	$\beta$	$\sqrt{\alpha}$	$-\log \sqrt{\alpha}$	$\lambda$	$\beta$	$\sqrt{\alpha}$	$-\log \sqrt{\alpha}$
35	25,93	0,861	0,0652	12½	11,11	0,943	0,02557
34	25,37	0,864	0,0636	12	10,71	0,945	0,02460
33	24,81	0,867	0,0619	11½	10,32	0,947	0,02365
32	24,24	0,870	0,0603	11	9,91	0,949	0,02266
31	23,66	0,874	0,0586	10½	9,50	0,951	0,02167
30	23,08	0,877	0,0570	10	9,09	0,954	0,02069
29	22,48	0,880	0,0555	9½	8,68	0,956	0,01974
28	21,88	0,884	0,0536	9	8,26	0,958	0,01872
27	21,26	0,887	0,0519	8½	7,83	0,960	0,01770
26	20,64	0,891	0,0502	8	7,41	0,962	0,01672
25	20,00	0,894	0,04845	7½	6,98	0,965	0,01572
24	19,36	0,898	0,04672	7	6,54	0,967	0,01468
23	18,70	0,902	0,04495	6½	6,10	0,969	0,01366
22	18,03	0,905	0,04317	6	5,66	0,971	0,01265
21	17,36	0,909	0,04140	5½	5,21	0,974	0,01162
20	16,66	0,913	0,03958	5	4,76	0,976	0,01052
19	15,97	0,917	0,03778	4½	4,31	0,978	0,00956
18	15,25	0,921	0,03592	4	3,85	0,981	0,00853
17	14,55	0,925	0,03409	3½	3,38	0,983	0,00747
16	13,79	0,929	0,03222	3	2,91	0,985	0,00641
15	13,04	0,933	0,03035	2½	2,44	0,988	0,00536
14	12,28	0,937	0,02845	2	1,96	0,990	0,00430
13	11,50	0,941	0,02653	1½	1,48	0,993	0,00320

(Ce tableau a été emprunté au livre 'Diamond Tools', écrit par Paul Grodzinsky et édité par Anton Smit & Co. Inc. à New York City)

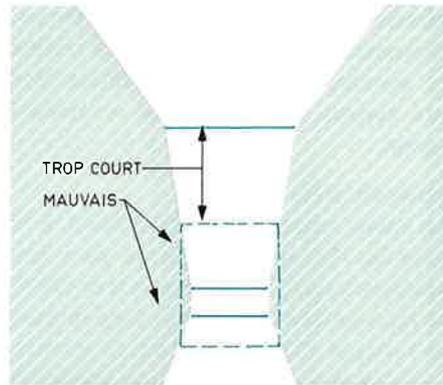
## entretien et contrôle



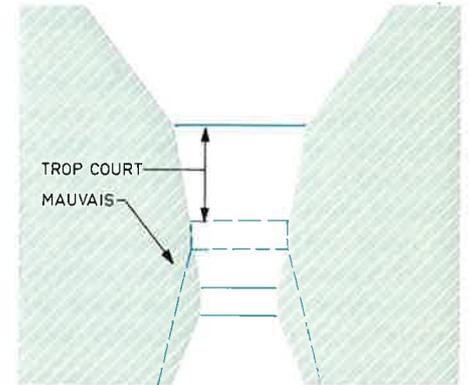


Il est très important que les filières en diamant soient régulièrement contrôlées au cours de leur utilisation. Il apparaît que dans la pratique, de nombreuses personnes utilisent des loupes afin de se former une opinion de l'état du canal avant ou après l'utilisation. Au lieu d'une loupe, il est cependant à conseiller d'utiliser un microscope monoculaire ou binoculaire. Pour le contrôle des filières d'un diamètre inférieur à 0,150 mm, nous recommandons l'utilisation d'un microscope monoculaire doté d'un coefficient d'amplification de 150 à 180. Dans le cas de diamants plus gros, il est préférable de faire usage d'un microscope binoculaire doté d'un coefficient d'amplification de 30 à 50.

La lumière est évidemment un élément important dans l'utilisation de ces microscopes. Elle présente même une telle importance que le contrôle des filières à l'aide d'un microscope de l'un des types recommandés mais sans éclairage suffisant ne peut jamais être satisfaisant. Il est nécessaire de prêter une attention toute particulière aux



41



42

détails suivants lors du contrôle des filières:

Profil du canal. Anneau d'étirage. Marques d'étirage. Craquelures. Rugosité. Arêtes de polissage. Diamètre du trou et ovalisation.

**Profil du trou**

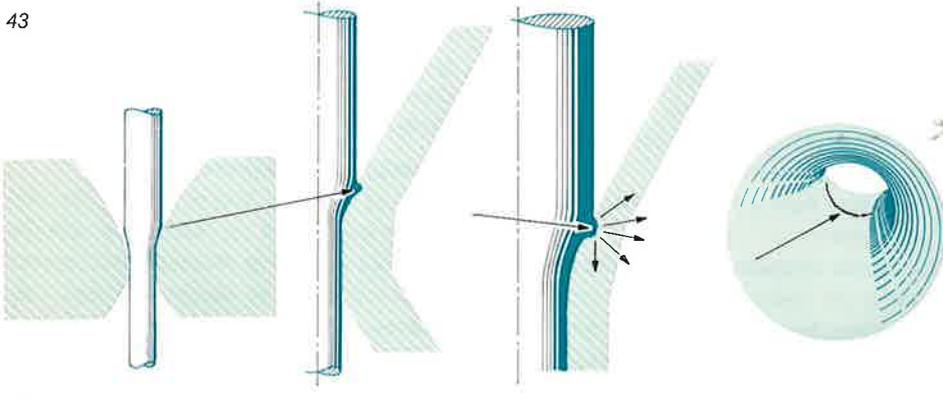
Comme nous l'avons indiqué auparavant dans cette brochure, la forme du canal dans une filière Philips est tirée de trois profils principaux.

De faibles variations du profil retenu sont possibles selon les conditions dans

lesquelles une filière va être utilisée. Aussi est-il très important pour nous de connaître ces conditions d'une manière très précise afin que les filières leur soient adaptées. Evidemment, il est également essentiel que la forme de base soit maintenue lorsque la filière est réalésée. Il serait absolument erroné de n'agrandir que la partie cylindrique du canal (figure 41), cette opération pouvant être précédée par celle de l'élévation de la partie supérieure du cône de sortie (figure 42). La zone de réduction, l'entrée et la sortie doivent également être finies à nouveau afin d'obtenir un alésage parfaitement fonctionnel.

**Anneau d'étirage**

Il s'agit d'une marque en forme d'anneau causée par l'usure dans la zone de réduction, à l'endroit où la déformation du fil commence à se manifester. C'est un effet que l'on observe généralement à la suite de l'étirage de métaux mous (par exemple le cuivre). L'influence d'un anneau d'étirage sur l'endurance d'une filière est souvent sous-estimée et nous désirons signaler que, dans de nombreux cas, la rupture



43



44

prématurée d'une filière est entraînée par ce type d'usure.

L'anneau d'étirage étant rugueux et de forme irrégulière, la pression unitaire augmente, amenant souvent le film de lubrifiant à se rompre et entraînant un contact immédiat entre le diamant et le métal étiré. En conséquence, les forces agissant sur le diamant croissent brusquement, amenant une usure plus rapide et un risque de rupture beaucoup plus grand.

En outre, le sillon causé par l'usure dans le diamant provoque une concentration des contraintes à la partie inférieure (figure 43). Cet effet peut augmenter les risques de rupture du diamant.

Le tranchant de l'anneau d'étirage fait que certaines particules de métal sont arrachées au fil et introduites dans la rainure. Ceci, bien entendu, ajoute à la concentration locale de contraintes.

Le développement de ce type d'usure doit être surveillé à intervalles réguliers afin qu'il soit possible d'y porter remède avant qu'il ne soit trop tard. Seule la pratique peut enseigner à quel moment il faut intervenir; il n'y a pas de règles générales pour ceci. Dans le cas d'une nouvelle filière ou d'une filière qui a été entièrement repolie, il peut être suffisant, la première fois, de polir simplement la zone de réduction. L'angle du cône est légèrement augmenté mais le diamètre d'origine est toujours conservé.

Il ne peut généralement en être ainsi une seconde fois à cause du risque de voir l'angle de la zone de tréfilage trop modifié par rapport à l'angle de réduction requis. Lorsqu'un nouveau bord est apparu, la filière doit être réalésée à un

diamètre supérieur; en même temps, l'ensemble de l'alésage doit être adapté en conséquence. Enfin, la filière doit être repolie pour retrouver un brillant parfait.

#### Marques d'étirage

De telles marques se produisent à la suite de l'étirage de métaux durs, par exemple l'acier. Elles prennent la forme de rayures dans l'alésage, dans le sens de l'étirage (figure 44). Ce type d'usure amènera éventuellement une mauvaise lubrification et une rupture du diamant à cause des forces excessives agissant sur la pierre.

Evidemment, de telles marques ne peuvent être éliminées sans accroître le diamètre de la filière. D'où le seul remède qui consiste: à réalésé à un diamètre supérieure, à adapter le profil du trou en conséquence et à repolir pour donner un brillant parfait.

#### Craquelures

Les craquelures peuvent varier d'une véritable rupture à de légères fissures de surface. Fréquemment les causes de craquelures ne peuvent être révélées qu'à la suite d'un sérieux examen. En outre, ce n'est pas seulement la filière qui doit être contrôlée; il est également nécessaire de vérifier:

- la pureté du matériau à étirer;
- la pureté du lubrifiant;
- la précision de la fixation du diamant et de la monture;
- l'allongement par filière dans la série en question.

De petites craquelures de surface dans la zone de réduction peuvent souvent être éliminées en forant au diamètre supérieur. Il sera bon de ne pas retarder cette opération, car de minces

craquelures peuvent se transformer en craquelures plus importantes. Il arrive souvent qu'une filière soit craquelée et qu'elle soit toujours utilisée; s'il s'agit d'une filière de finition, ceci affectera la qualité du produit (égratignures sur le fil). S'il ne s'agit que d'une filière dans une série, la durée de vie des filières suivantes en sera affectée.

#### Rugosités

Des rugosités dans le trou peuvent apparaître à la suite d'erreurs commises pendant le polissage. Une poudre à polir qui n'est pas suffisamment fine peut en être responsable, ou bien le polissage n'a pas duré suffisamment longtemps. Les rugosités étant une autre cause possible de mauvaise lubrification, il est évident que ceci menace également la durée de vie de la filière.

#### Arêtes de polissage

De telles arêtes peuvent se produire en toutes parties du canal. Elles sont dues à des erreurs commises au cours du polissage, telles que

- poudre mal triée;
- poudre mal mélangée avec dissolvant;
- pression d'aiguille incorrecte;
- machine mal réglée.

Les arêtes de polissage sont des irrégularités déterminées de la surface du canal et par là même elles affectent la durée de vie de la filière.

#### Diamètre et ovalisation

Afin de pouvoir fournir un fil de diamètre correct, il ne suffit pas simplement de vérifier le diamètre et l'arrondi du canal dans la dernière filière. Les filières précédentes doivent également être contrôlées à intervalles réguliers. Si une filière s'use rapidement, le résul-

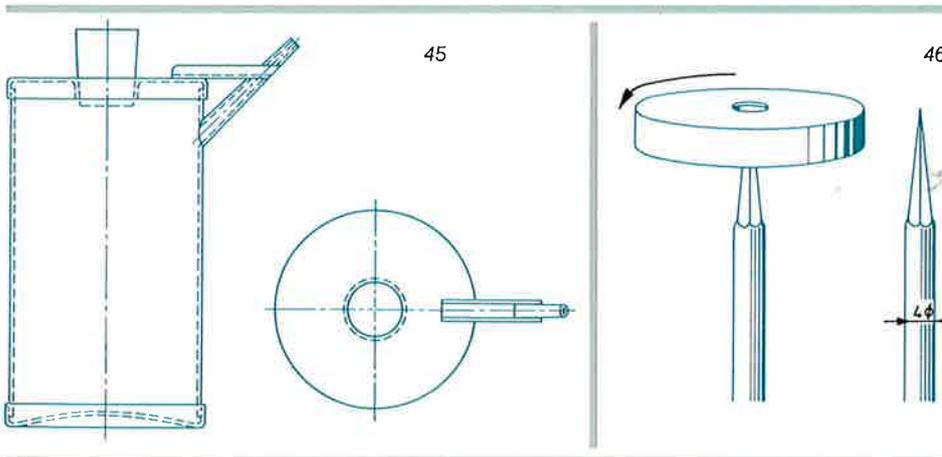
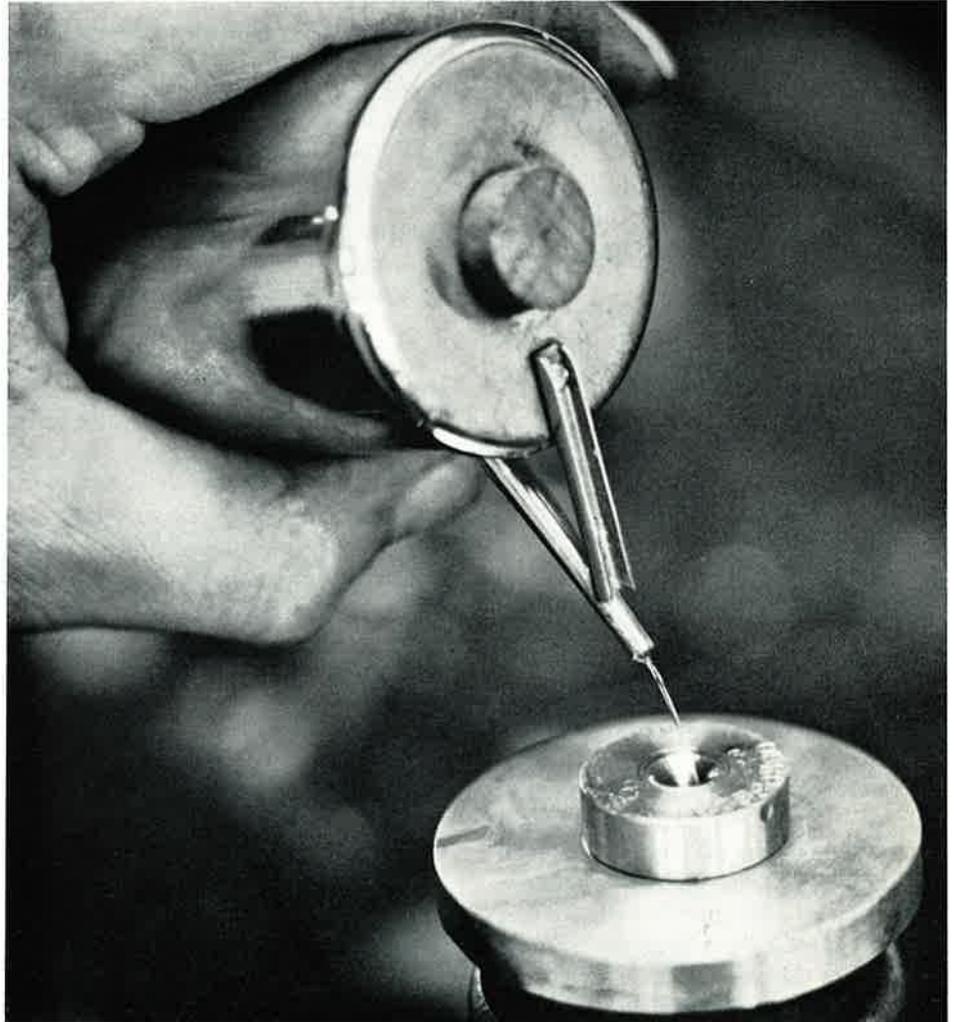
tat en sera que la filière suivante sera soumise à des charges plus lourdes. Il faut apporter un soin tout particulier aux cas où des combinaisons de filières en carbure de tungstène et en diamant sont utilisées, car le carbure de tungstène s'use beaucoup plus rapidement que le diamant.

### NETTOYAGE DU CANAL

Avant qu'une filière en diamant puisse être examinée, il est nécessaire de la nettoyer. Il est très important de se souvenir qu'un diamant est aussi fragile que dur. Un certain nombre de filières sont endommagées tout simplement parce qu'elles sont mal nettoyées. Il intéressera peut-être les utilisateurs de nos filières que nous décrivons quelques méthodes efficaces de nettoyage, réduisant le risque de dommages au minimum.

#### Préparation

Une filière en diamant qui doit être nettoyée sera lavée de préférence tout d'abord à l'essence en utilisant une brosse. Ceci aide à éliminer toutes les particules rugueuses de saleté. Ce traitement est suivi par le nettoyage lui-même, afin de préparer le diamant au contrôle optique.



#### Nettoyage par le vide

Il s'agit d'une méthode grâce à laquelle on fait passer de l'air dans le canal ainsi qu'un fluide qui entraînera ou dissoudra la saleté. Il est nécessaire de disposer d'une installation pouvant fournir une pression absolue d'environ 20 cm de mercure.

Cette installation est connectée à une plate-forme commé la montre la figure 58, sur laquelle la filière est placée pour le nettoyage.

La majeure partie de la saleté s'accumule généralement près de l'entrée, et

il est ainsi préférable de procéder tout d'abord à une évacuation du trou de la sortie vers l'entrée. Puis procéder dans l'autre sens. Bien veiller à continuer ce traitement jusqu'à ce que la filière soit vraiment propre.

Les solvants ou détersifs suivants peuvent être utilisés:

*Tétrachlorure de carbone* —  $\text{CCl}_4$

*Ether* —  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$  (inflammable; sérieux danger d'explosion)

*Benzine* — purifiée (inflammable)

*Xylène* —  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$

Afin de diriger le jet de fluide, on peut utiliser un petit récipient de verre ou de métal avec un bec pourvu d'une petite ouverture (figure 45).

Le fluide sera vaporisé par le bec lorsque le récipient sera pris en main. Cet effet est basé sur l'augmentation de température dû à la chaleur de la main. Certaines bouteilles de polythène en vente dans le commerce avec becs d'injection peuvent également être utilisées avec efficacité.

Si la saleté est coagulée à la surface du trou et ne peut pas être évacuée ou dissoute, il est nécessaire d'utiliser une baguette de bois ronde à l'extrémité pointue sur trois côtés. Le bois doit être tendre. Tremper l'extrémité du bâton dans la glycérine, l'introduire dans l'ouverture du diamant (l'entrée) et faire tourner la filière sur le bâton (comme le montre la figure 46) jusqu'à ce que le trou soit débouché. Par suite nettoyer à nouveau en appliquant la méthode par le vide. En utilisant la baguette pointue, ne pas la bloquer dans l'ouverture, faute de quoi l'extrémité mince du bois pourrait se rompre et rester bloquée en arrière.

#### **Air comprimé**

L'air comprimé seul ne peut pas évacuer toute la saleté d'une filière (à moins que l'air ne soit convenablement filtré) car il reste vraisemblablement toujours quelque humidité dans les conduites. Son utilisation peut être recommandée cependant, dans les cas où un morceau de fil s'est cassé et se trouve coincé étroitement dans le trou. Faire rétrocéder le fil en appliquant l'air comprimé à la sortie. Cette méthode est généralement couronnée de succès si le fil est doux mais il peut ne pas être

aussi facile de déloger des métaux plus durs.

Dans de telles conditions, la baguette de bois ronde peut rendre à nouveau de bons services, mais cette fois-ci l'extrémité doit être sèche. Si même la baguette ne réussit pas à déloger le métal, une aiguille en acier pointue peut être la solution, bien que nous ne la recommandions pas. En tout cas, l'aiguille doit être utilisée avec le plus grand soin possible en évitant toute tentative tendant à la forcer en travers, car la moindre fausse manœuvre suffirait pour endommager le diamant.

#### **Solvant**

Si aucune des méthodes précédentes n'a réussi (comme ce peut être le cas, en particulier avec des filières d'un plus petit diamètre), le diamant peut être retiré du support et immergé dans une solution qui nettoiera à fond le diamant en dissolvant la pièce de métal restante. Après quoi, il faut nettoyer le diamant à l'eau et le replacer dans son support. Nous recommandons pour cette méthode-ci que la filière soit retournée au fabricant qui aura les moyens de mieux adapter à nouveau le diamant dans son support.

#### **Contrôle du fil**

Un contrôle visuel du fil, en particulier s'il s'agit de cuivre ou d'un autre métal doux, peut souvent révéler la cause de rupture ou toute autre sorte de dommage causé à ce fil. Brider le fil près de l'endroit où il s'est cassé et examiner la cassure à l'aide d'un microscope monoculaire ou binoculaire. Un détail important à connaître est la répétition éventuelle ou non du dommage à des intervalles réguliers tout le long du fil.

#### **Types de dommages ou de ruptures du fil**

**A.** Si un fil de cuivre de bonne qualité se casse simplement parce que la résistance ultime à la traction a été dépassée, les deux extrémités cassées présentent une forme tout à fait irrégulière et l'on remarque un étranglement près de la fracture (figure 47). Si ceci se produit au cours de l'étirage, on notera probablement l'une des conditions défectueuses suivantes:

*Etirage à la fois multiple et simple*  
graissage insuffisant,

lubrifiant contaminé par de la saleté; saleté sur le fil.

#### *Etirage multiple*

Trop de spires de fil sur l'étage du cône;

L'étage du cône présente une surface rugueuse ou rainurée;

L'étage du cône est sale;

Diamètres d'étages de cônes dans une proportion incorrecte;

Allongement par filière trop grande.

**B.** Des particules de fer logées dans le métal laminé réduisent la résistance à la rupture et peuvent amener le fil à criquer au cours de l'étirage. Le schéma de la cassure apparaît à la figure

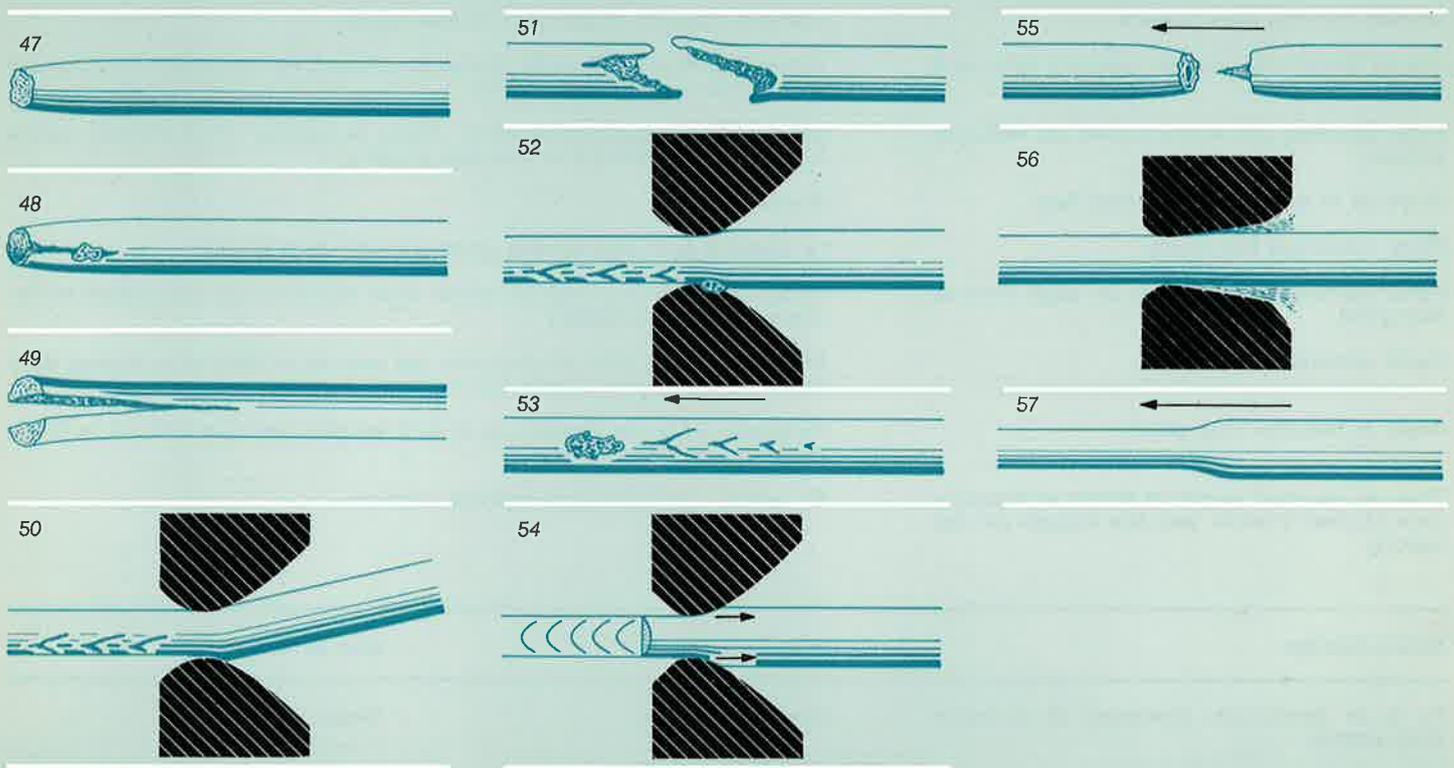
48. Améliorer le processus de laminage ou utiliser du fil shavé.

**C.** Des éclats réduisent la résistance à la rupture du matériau et peuvent conduire à des cassures comme le montre la figure 49.

L'amélioration du processus de laminage peut constituer la réponse à ce problème.

**D.** Si la réduction est trop importante et que la partie cylindrique soit trop courte, le fil peut entrer dans cette zone sous un certain angle (figure 50). Ceci a pour résultat une déformation disproportionnée d'un côté du fil, un effet qui n'est pas très gênant pour un fil d'un diamètre relativement important, mais qui peut avoir pour conséquence la rupture de fils plus minces, même si la déformation disproportionnée a eu lieu à un stade précédent au cours de processus d'étirage. Un symptôme caractéristique de cet état est l'apparition à intervalles réguliers le long du fil d'irrégularités de surface nommées „pattes de corbeau" (figure 50). La cassure elle-même présente également une forme caractéristique (figure 51).

Une déformation d'un type similaire se produit si une rugosité apparaît dans le canal d'étirage ou si une partie des filières s'est cassée dans la zone de réduction; dans ce cas, une partie du métal du fil se dépose dans la fente en la remplissant progressivement, amenant ainsi le profil du canal à être endommagé (figure 52).



Les „pattes de corbeau” apparaissent également si le matériau contient des impuretés — (par exemple, des particules de fer dans le cuivre) — mais seulement dans une région en amont de l'endroit où les impuretés se situent. Voir figure 53. Il est facile de distinguer cet état de celui qui est illustré aux figures 50 et 52 où les symptômes trahissant une déformation disproportionnée se répètent à des intervalles réguliers tout au long du fil.

**E.** Une déformation non homogène doit apparaître à la suite d'une réduction insuffisante dans une filière avec un angle cônique excessif. La cassure devient vraisemblable lorsque le fil est

étiré à travers des filières d'un plus petit diamètre. Ceci est illustré à la figure 54. On dit que la cassure est du type „coupelle et cône” (figure 55) et le haut du cône indique toujours la direction de l'allongement.

**F.** Un fil qui est étiré à travers une filière peut être „pincé”. Tel est le terme utilisé pour désigner un effet produit lors de l'étirage de cuivre dès que des particules de cuivre s'accumulent à l'entrée du canal en raison:

1. de la forme incorrecte de l'entrée du canal (long et étroit);
2. du polissage incorrect;
3. de la présence d'un trop grand nombre de déchets de cuivre dans

le lubrifiant;

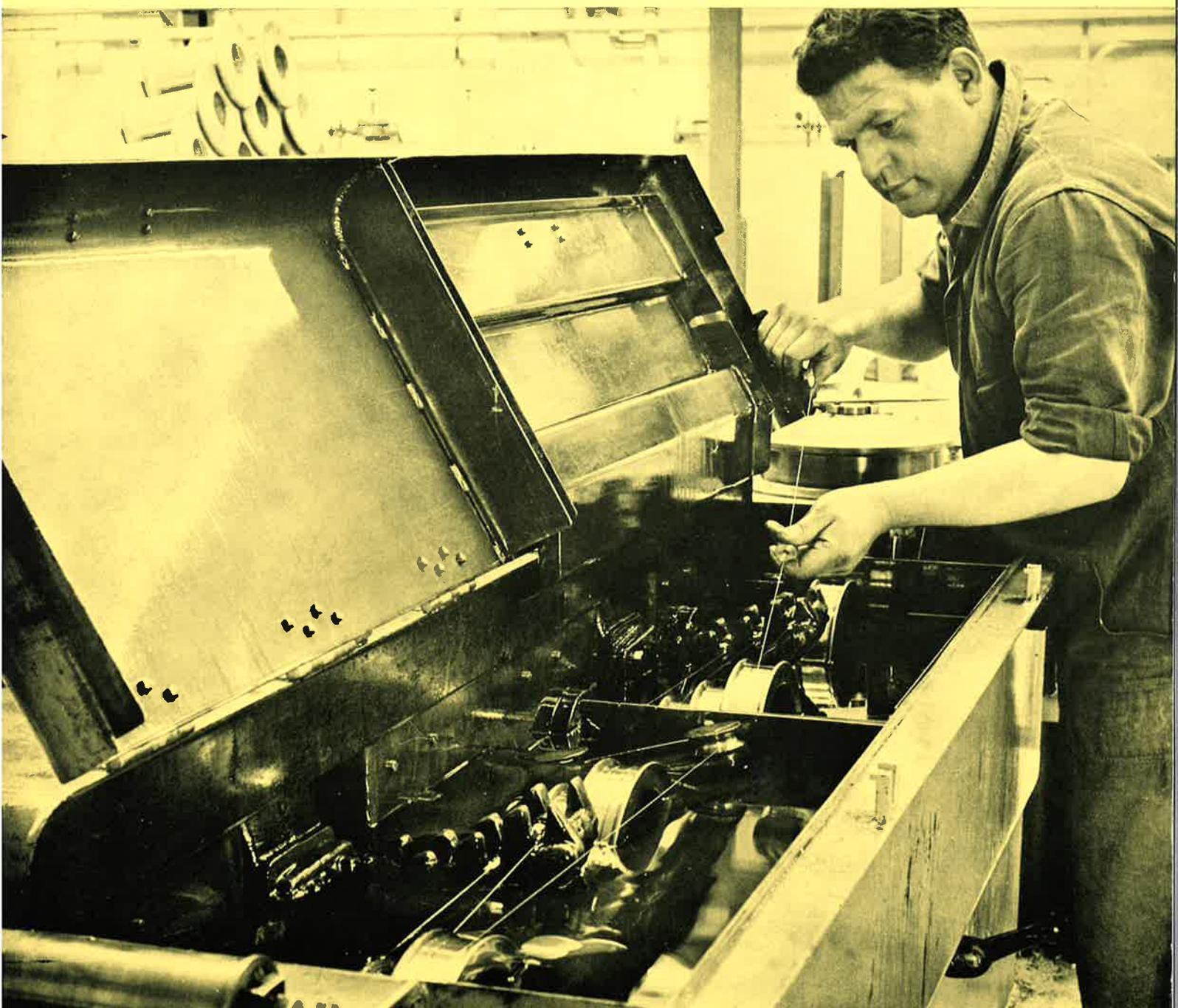
4. d'une combinaison de 1, 2 et 3.

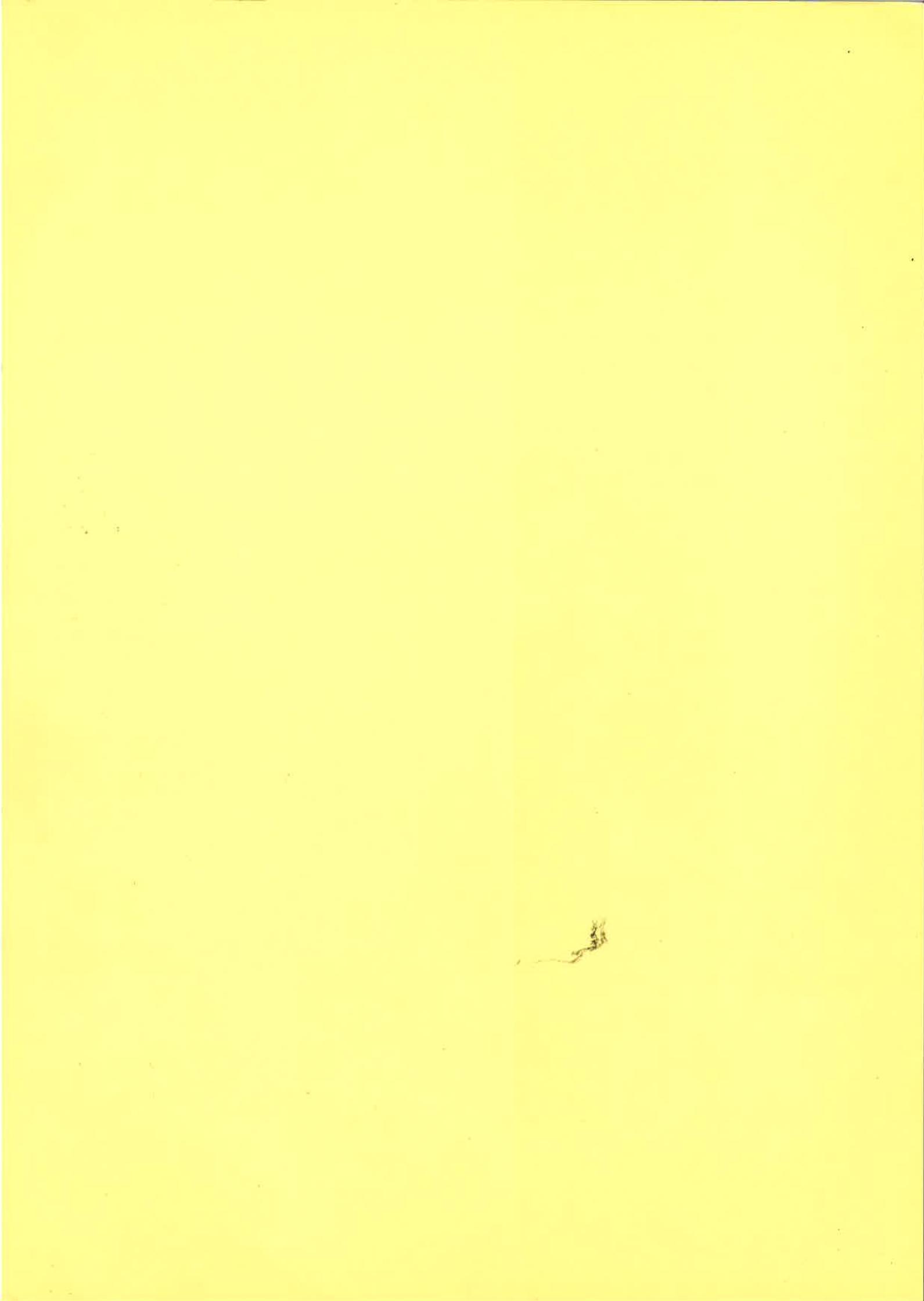
Le contrôle d'un fil qui a subi un léger „pincement” révélera la présence de rainures. Les rainures ne sont pas continues tout le temps; elles s'arrêtent quelquefois, pour ne réapparaître qu'après quelque distance. Le diamètre du fil ne sera pas uniforme. Voir figure 56. Ce sont des indications du fait que le cuivre s'accumule le long des parois réduisant le diamètre du canal, mais quelque fois éclatant en parcelles entraînées à travers la filière. La figure 57 montre l'endroit où une partie de la poudre de cuivre s'est brusquement dissociée.

## LISTE D'ERREURS POSSIBLES

<i>Imperfection de la filière</i>	<i>Effet sur le fil</i>
Diamètre incorrect	Diamètre incorrect
Ovalisation	Ovalisation
Polissage défectueux	Surface rugueuse
Angles aigus	Surface rugueuse
Anneau d'étirage et/ou marques d'étirage	Surface rugueuse Egratignures sur fil Diamètre peut ne pas être uniforme Fil peut casser
Diamant mal tenu dans la filière	Diamètre irrégulier, fil graisseux ou peut casser
Axe du diamant décentré par rapport à celui de la filière	Déformation asymétrique du fil. „Pattes de corbeau”. Peut entraîner rupture lorsque le fil est réétiré à plus petit diamètre
Profil incorrect, par exemple zone de réduction oblique	Déformation disproportionnée du fil. „Pattes de corbeau”. Peut entraîner rupture lorsque le fil est réétiré à un plus petit diamètre
Sortie du fil de la filière non dans l'axe	Boucles de fil
Partie cylindrique trop courte	Le diamètre du fil étiré est plus grand que celui de la filière
Partie cylindrique trop courte et angle d'entrée trop grand	Fil peut passer le trou selon un certain angle entraînant une déformation asymétrique („pattes de corbeau”)
Partie cylindrique trop longue	Le diamètre du fil étiré est plus petit que celui de la filière et la tension du fil peut entraîner rupture à cause d'un frottement excessif
Angle de réduction trop grand	Surtension du fil. Le diamètre du fil étiré est plus petit que celui de la filière: cassures „coupelle et cône”
Zone de réduction longue et étroite et impuretés dans lubrifiant (l'entrée peut être bloquée par des saletés)	Fil „pincé” - égratignures et diamètre irrégulier

<i>Défaut d'étirage</i>	<i>Effet sur le fil</i>	<i>Effet sur la filière</i>
Fil ne se déroule pas doucement de la bobine d'alimentation	Domage, rupture	Risque de dommage
Rainures sur rouleaux de guidage	Domage, rupture	Risque de dommage
Rainures sur étages de cônes	Domage, rupture	Risque de dommage
Fil gratte sur pièces de machine	Domage	Domage
Teneur insuffisante en graisse du lubrifiant	Rugueux ou rupture	Filière trop sèche, usure excessive, petites ou grandes craquelures
Trop de graisse (diamètre inférieur à 1,000 mm)	Rupture car fil colle aux étages de cônes	Pas d'influence
Saleté dans lubrifiant; fil peut être „pincé” dans la filière	Diamètre irrégulier, rugosité, égratignures, rupture	Faible graissage, usure excessive, petites ou grandes craquelures
Diamètre d'étage de cône incorrect sur banc à filières multiples (entraîné par usure, ou par rectifications mal calculées faites pour éliminer les rainures)	Conduit souvent à rupture	Si l'allongement après étirage de la série est associé à un diamètre de cône incorrect, la série devient irrégulière, ce qui peut entraîner une usure supplémentaire des filières
Dans l'étirage multiple, allongement incorrect:		
a. allongement trop grand	Plus petit diamètre à cause de sur-tension du fil	Risque d'usure excessive ou de rupture
b. allongement trop petit	Cassure „coupelle et cône”	Usure excessive





## LUBRIFICATION

Diverses industries chimiques à l'heure actuelle se consacrent à la fabrication de lubrifiants, commercialisant une large gamme de produits lubrifiants adaptés à toutes sortes de métaux et de conditions d'étirage.

Etant donné que le nombre de lubrifiants disponibles dans le commerce est très grand et que la composition d'un lubrifiant est généralement tenue secrète, nous ne mentionnerons que les trois principales catégories selon lesquelles les lubrifiants sont généralement divisés:

1. lubrifiants secs;
2. lubrifiants humides;
3. pâtes et graisses.

Le choix du type idoine de lubrifiant est une question qui affecte non seulement la qualité du fil produit (état de surface) mais également, dans une large mesure, la durée de vie de la filière. En outre, les vitesses des bancs multiples étant très élevées à l'heure actuelle, la fonction du lubrifiant consiste à refroidir ainsi qu'à lubrifier.

Le but de la lubrification est d'interposer une mince couche de lubrifiant entre le fil et la pierre afin de:

- a. réduire l'usure de la filière;
- b. obtenir un fil présentant une bonne surface;
- c. réduire la force d'étirage nécessaire;
- d. refroidir la filière.

De ce fait, la résistance de ce film de lubrifiant joue un rôle très important. D'une part, elle dépend de la viscosité du lubrifiant lui-même et d'autre part, la viscosité est influencée par la température. Dans le cas d'une huile, la viscosité diminue lorsque la tempéra-

ture s'élève et ceci a pour résultat de réduire la résistance du film d'huile entraînant par suite une mauvaise lubrification et des complications éventuelles.

Ceci explique la fonction du lubrifiant en tant que réfrigérant: sa tâche consiste à évacuer la chaleur de l'endroit où elle est produite et à l'évacuer aussi rapidement que possible. En conséquence, il est essentiel que la température du lubrifiant ne puisse pas s'élever au-dessus du maximum permis. Il est d'une importance vitale de vérifier ceci. Cela nous amènerait trop loin de discuter en détail dans cette brochure des divers lubrifiants en vente, cependant nous pensons qu'il est utile de fournir quelques indications au sujet des lubrifiants qui sont le plus fréquemment utilisés dans la pratique.

### Lubrifiants

Caractéristiques portant sur quelques lubrifiants couramment utilisés:

#### 1. L'huile de colza

**Recuit** Un résidu d'huile de colza qui est resté sur le fil adhère au métal lorsque le fil est recuit. De tels résidus se présentent sous la forme de taches noires et sont très difficiles à éliminer.

**Emallage** Dans le cas d'un fil de cuivre émaillé, les résidus d'huile de colza ont un effet perturbateur sur le vernis.

**Oxydation** Lorsqu'elle a été utilisée depuis un certain temps, l'huile de colza commence à s'oxyder et à devenir par suite plus épaisse. Le fil lubrifié avec cette huile est susceptible de coller aux cônes d'étirage, ce qui peut entraîner une rupture du fil. La solution de ce

problème est une dilution de l'huile de colza dans l'huile de paraffine.

**Cambouis de cuivre** Lorsque la même quantité d'huile de colza a été utilisée pendant longtemps afin de lubrifier un fil de cuivre dans les filières, le pourcentage de cambouis atteindra une valeur par laquelle l'entrée de la filière se bloque, ce qui a pour résultat un mauvais graissage, une usure de la filière et une rugosité de surface du fil. Il est recommandé de vérifier la teneur en cuivre. Dans l'étirage de fils de cuivre, l'huile de colza est généralement appliquée dans la gamme de diamètres de 7 à 2,5 mm. Dans de tels cas, il est recommandé de changer l'huile de colza selon la règle générale suivante:

3000 kg de fil pour 1 litre d'huile de colza.

**Température** En raison de la viscosité, la température de service de l'huile de colza ne doit pas dépasser 60 °C. Si la température s'élève au-dessus de cette valeur, les qualités lubrifiantes se détériorent rapidement et les cônes, ainsi que les filières, s'usent plus vite.

#### 2. Emulsions

Des lubrifiants de ce type comprennent des graisses et un fort pourcentage d'eau.

**Qualité de l'eau** Un excès d'eau dure entraîne un dépôt de savon ce qui a un effet défavorable sur la stabilité de la teneur en graisse du lubrifiant. Les dépôts de savon peuvent bloquer l'entrée de la filière et les trous de graissage du banc d'étirage.

**Température de travail** La température de travail la plus favorable pour les

lubrifiants à émulsion se situe entre 38° et 55 °C. Des températures plus élevées entraîneront une durée de vie plus courte des filières.

**Acidité** On obtient les meilleurs résultats lorsque la valeur de pH de l'émulsion se situe entre 8,5 et 9,6. Le dioxyde de carbone réduit le facteur pH et il est par suite recommandé de fermer très soigneusement les bacs collecteurs. Les décapants réduiront égale-

ment la valeur de pH; leur présence sera bientôt évidente d'après la teinte verdâtre que présente le lubrifiant. Le facteur de pH peut être augmenté par l'addition d'une substance alcaline, par exemple de 60 grammes de soude caustique pour 450 litres de lubrifiant. Si besoin est, répéter, après quelques heures.

**Teneur en graisse** La teneur en graisse de l'émulsion dépend du processus

d'étirage. Lorsque le cuivre est étiré à des diamètres se situant entre 2,5 et 0,18 mm, il est recommandé d'utiliser une émulsion avec une teneur en graisse de 7 % (2,5 mm de diamètre) à 4 % (0,18 mm de diamètre). Pour les plus petits diamètres abaisser progressivement la teneur en graisse à 1½ % (0,015 mm de diamètre).

**Ecumage** Il arrive quelquefois qu'une écume épaisse se produit au cours de l'étirage en raison d'une faible teneur en graisse de l'émulsion. Cet effet peut être neutralisé grâce à l'utilisation d'un agent anti-mousse disponible dans le commerce (à base de silicones).

**Détermination de la teneur en graisse du lubrifiant** Verser 100 cc de lubrifiant dans un flacon gradué et ajouter 7 cc d'acide chlorhydrique. Chauffer à 75 °C pendant 15 à 20 minutes. L'acide et la haute température amènent de graisse à se concentrer à la surface de l'émulsion. La quantité de graisse est déterminée par une simple lecture des graduations sur le flacon.

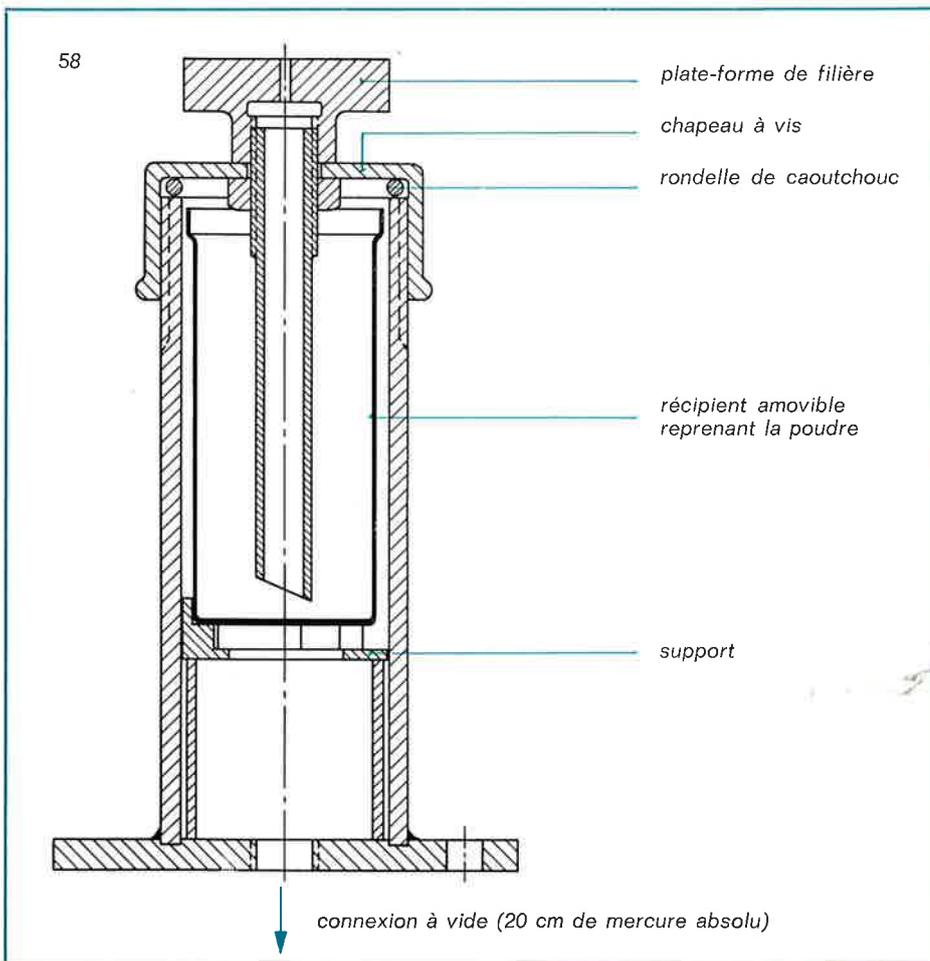
Exemple: Si le volume de graisse apparaît être 5 cc, la teneur en graisse est de 5 %, car la quantité d'émulsion examinée est de 100 cc.

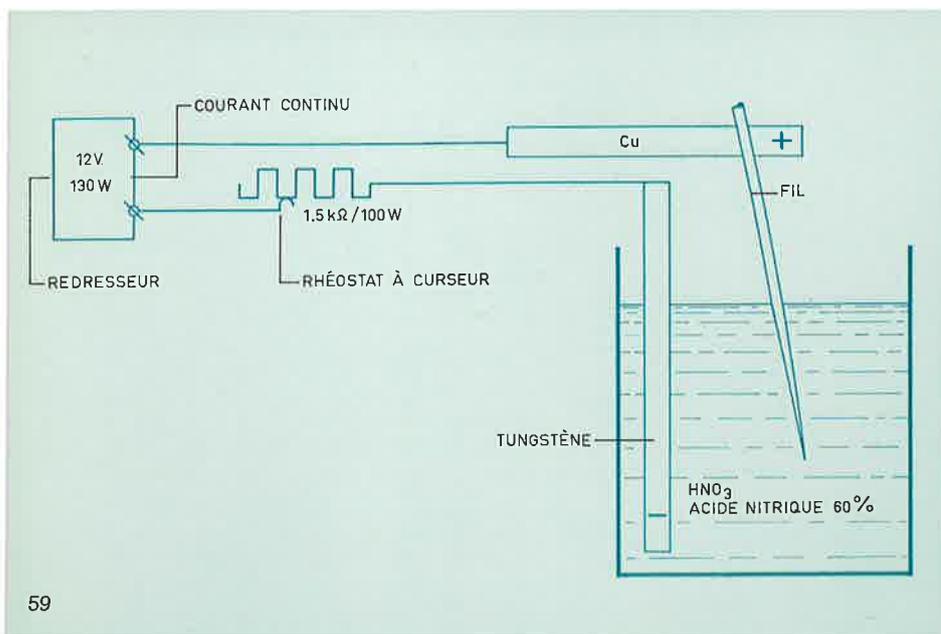
**Recette pour une émulsion lubrifiante pour l'étirage du cuivre**

Sont nécessaires:

- 9 kg d'huile de colza;
- 1 kg d'hydroxyde de potassium;
- 3 kg de savon noir;
- 75 litres d'eau.

**Méthode** Saponifier l'huile de colza et l'hydroxyde de potassium et ajouter 12 litres d'eau. Faire bouillir ce mélange. Puis ajouter 3 kg de savon noir et





59

12 litres d'eau et faire bouillir à nouveau. Par la suite, ajouter lentement le reste de l'eau et faire bouillir une fois encore. Avant d'utiliser l'émulsion, diluer avec de l'eau jusqu'à l'obtention de la teneur en graisse requise.

### CUVE A VIDE

La cuve à vide a déjà été mentionnée au chapitre concernant le nettoyage du trou lorsque nous avons examiné les différentes manières d'évacuer toutes les impuretés. La cuve présente un avantage particulier car la poudre de

diamant éliminée par le produit de nettoyage est conservée dans un compartiment prévu à cette fin. Après traitement chimique et nouveau triage des grains, la poudre peut être utilisée à nouveau.

La figure 58 présente un modèle de la cuve à vide.

### AFFINEMENT DE L'EXTREMITÉ DU FIL

Pour passer le fil dans le canal, son extrémité doit d'abord être affinée. Ceci peut être fait de plusieurs manières selon la matière et la diamètre

du fil. Quelques méthodes sont mentionnées ci-dessous:

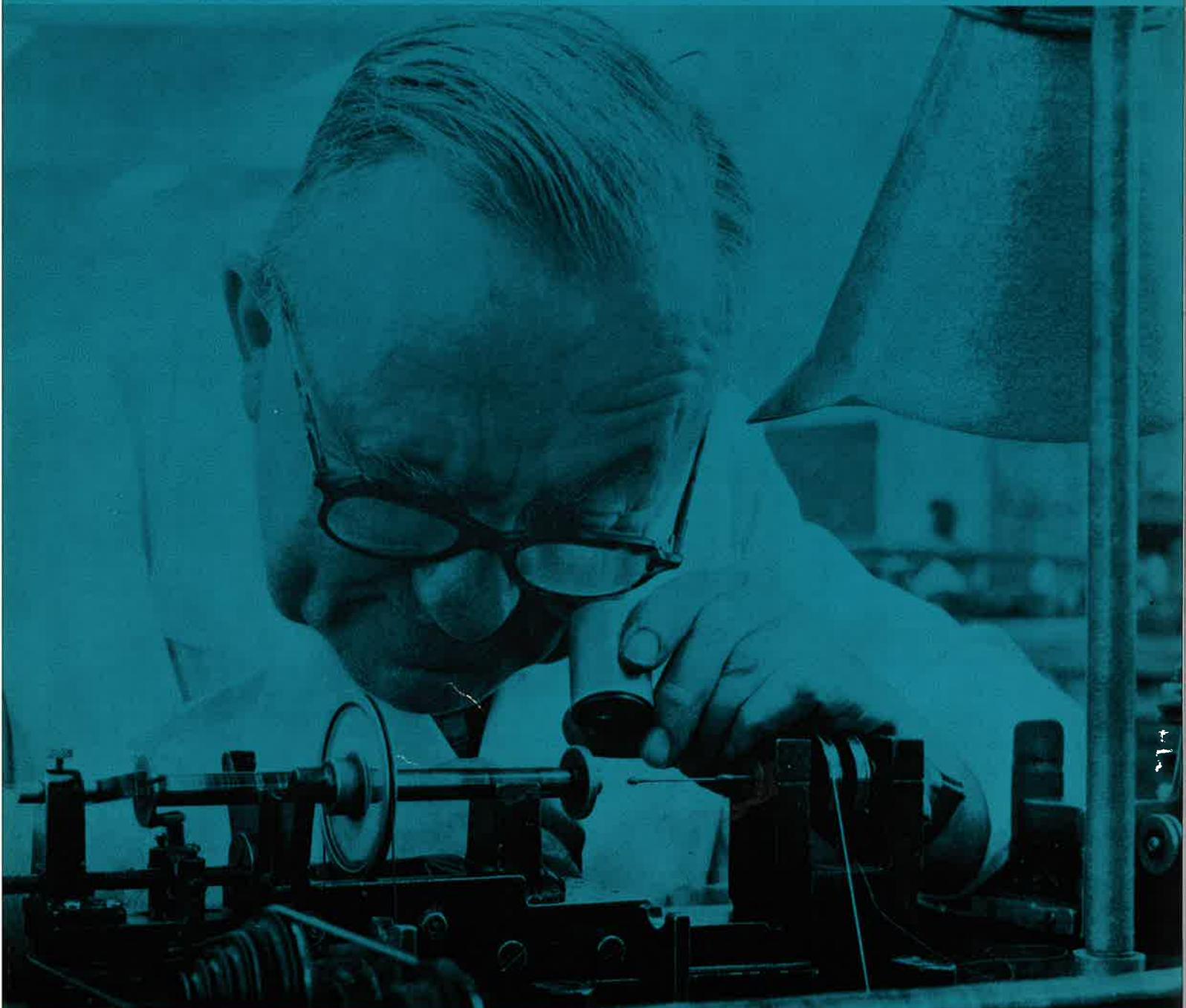
**Plus grands diamètres** Il est fait fréquemment usage de machines à aiguiser les fils disponibles dans le commerce. Ces machines fonctionnent selon l'un des principes suivants:

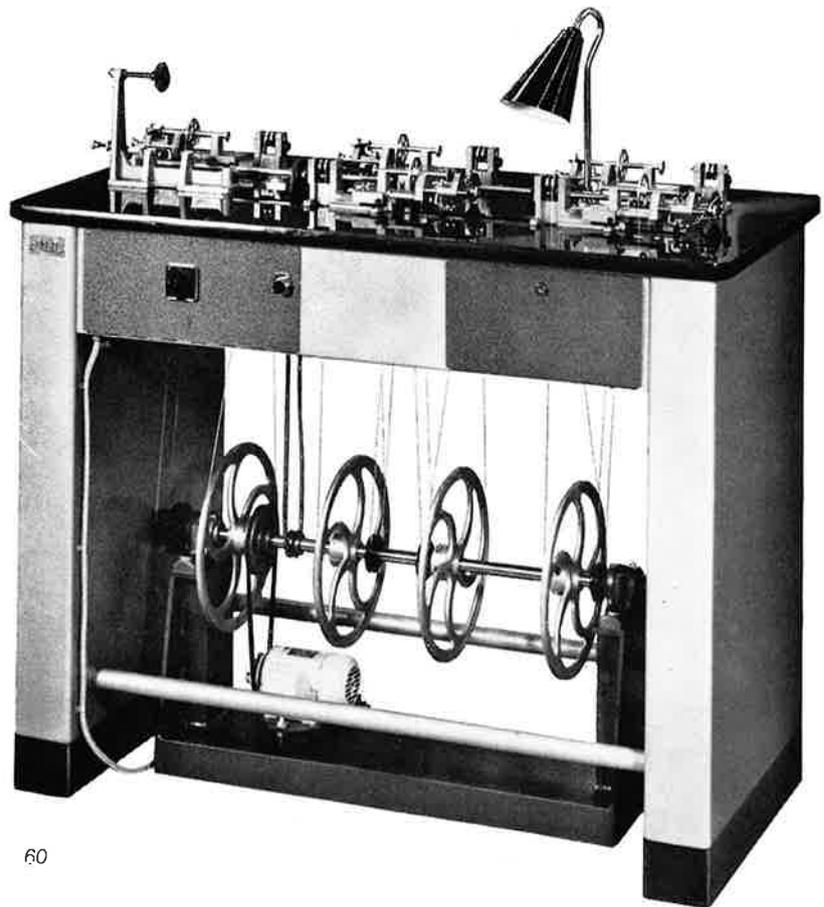
1. Deux tambours côniques et calibrés, tournant en sens inversés écrasent l'extrémité du fil jusqu'à la minceur voulue.
2. Aiguillage de l'extrémité du fil par estampage.
3. Méthode de recuit et d'allongement — le fil est bridé entre deux contacts et recuit au rouge grâce à un courant le traversant. Les contacts sont alors écartés jusqu'à rupture du fil. La cassure sera de forme cônique.

Les fils de tungstène et de molybdène sont quelquefois décapés. Le diamètre est réduit en maintenant l'extrémité du fil dans un bac chauffé contenant du nitrite de sodium fondu.

**Plus petits diamètres** Des fils de cuivre ayant un diamètre inférieur à 0,400 mm peuvent être affinés électrolytiquement. Le processus est illustré sur la figure 59. Il faut prendre grand soin de veiller à ce que le fil reste en contact simultané avec l'électrode positive (une barre de cuivre) et l'électrolyte (une solution de  $\text{HNO}_3$ ).

# **banc de repolissage**





60

Pour nos clients de filières en diamant Philips met en vente des appareils spécialement destinés au repolissage des filières en diamant. Ces appareils se caractérisent par leur simplicité de construction, accompagnée d'une efficacité optimale. Deux types en principe différents peuvent être fournis, à savoir un type vertical et un type horizontal. Comme le mot le suggère déjà, on fait usage pour la méthode verticale d'une aiguille de polissage disposée verticalement, alors que les machines horizontales ont une aiguille de polissage à disposition horizontale.

En général, on peut dire que les bancs à machines horizontales sont principalement destinés au repolissage des filières en diamant d'un diamètre inférieur à 0,600 mm, alors que la machine verticale se prête le mieux aux filières de plus grand format. Il va sans dire que l'on ne peut jamais poser une limite absolue dans ce domaine et qu'il existe donc toujours une zone employant les deux types.

Afin de donner une impression des résultats de ces appareils de repolissage, nous vous spécifions ci-dessous quelques chiffres sur la capacité, ainsi que quelques données principales telles que les dimensions, la tension nécessaire etc.

*Banc de repolissage à 5 machines horizontales (fig. 60)*

Poids : environ 215 kg  
 Hauteur : 1,35 m  
 Largeur : 0,70 m  
 Longueur : 1,40 m  
 Moteur : 220 - 380 V; 0,25 CV;  
 n = 1320

**Capacité de repolissage moyenne:**

diamètre du canal d'étirage en mm	nombre de filières à repolir
< 0,100	~ 10 par jour
0,100 - 0,400	~ 12 par jour
0,400 - 1,000	~ 2 - 5 par jour

*Banc de repolissage à trois machines verticales (fig. 61)*

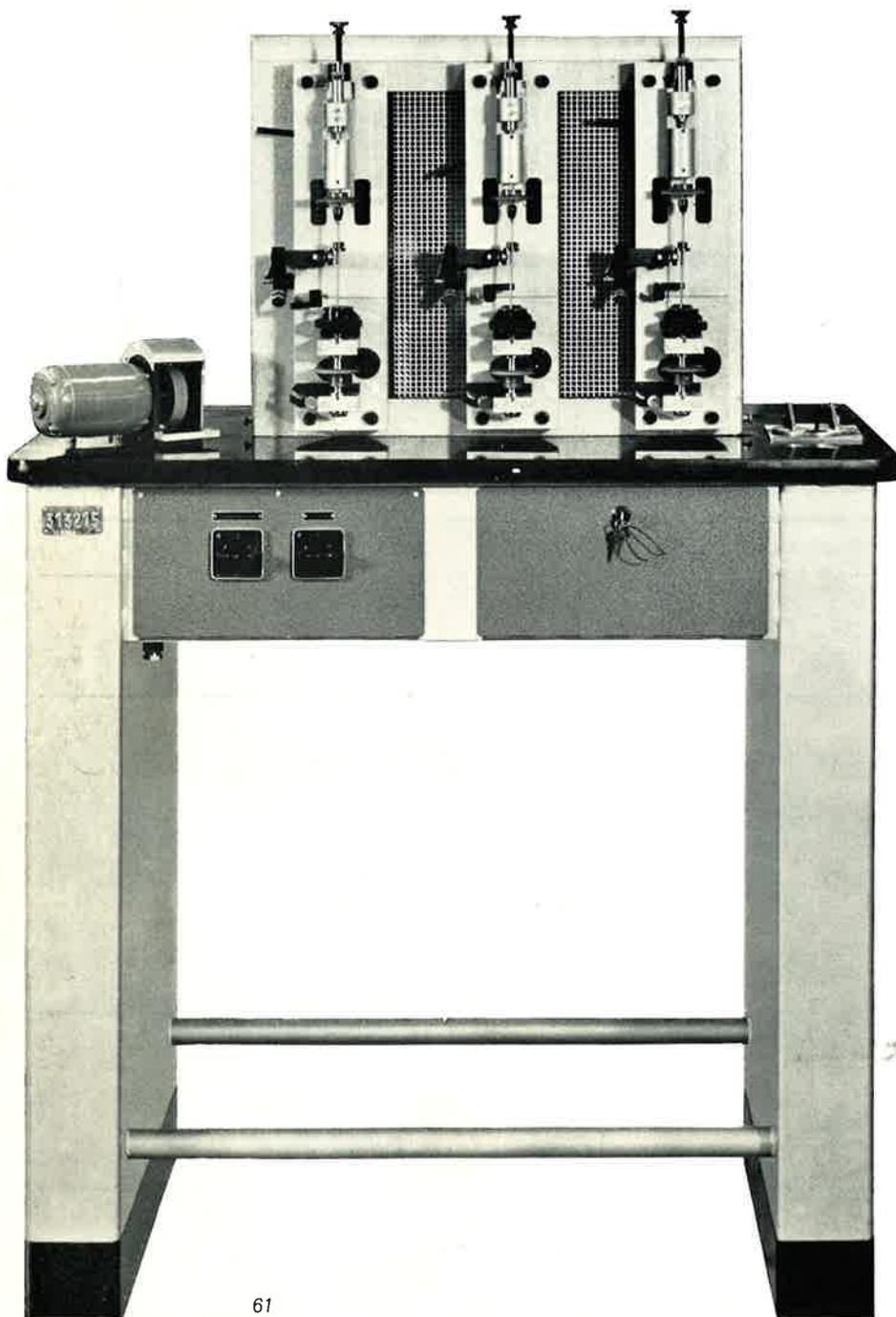
Poids : environ 170 kg  
 Hauteur : 1,60 m  
 Largeur : 0,70 m  
 Longueur : 1,10 m  
 Moteur : 220 - 380 V; 0,25 CV; n = 3000

**Capacité de repolissage moyenne:**

diamètre du canal d'étirage en mm	nombre de filières à repolir
0,400 - 1,000	5 à 6 par jour
1,000 - 1,500	2 à 3 par jour
> 1,500	1 à 2 par jour

Les deux bancs de repolissage sont fournis avec un paquet de pièces détachées, outils et accessoires.

Voici la spécification de ces paquets pour les bancs séparés.



*Paquet pour le banc de repolissage à 5 machines horizontales*

- 1 loupe (10 x)
- 1 paire de pinces
- 1 broche de centrage
- 1 bloc de meulage
- 1 rodoir brut (5 pierres brutes)
- 1 rodoir fin (5 pierres fines)
- 1 outil de positionnement
- 1 crochet
- 1 paire de pinces coupantes

**Accessoires**

- 1 bidon d'essence
- 1 flacon d'éther
- 2 brûleurs à gaz
- 5 mètres de ficelle avec bobine
- 1 boîte de poudre

**Matériaux auxiliaires**

- 50 cc d'huile d'olive
- 300 gr de cire
- 100 bâtons de bois pour nettoyage
- 500 aiguilles
  - 1 bobine de fil DMC
  - 5 bâtons de cire
  - 5 ressorts

*Paquet pour banc de repolissage à 3 machines verticales*

- 1 loupe (10 x)
- 1 clef spéciale
- 1 paire de pinces coupantes
- 1 broche de centrage

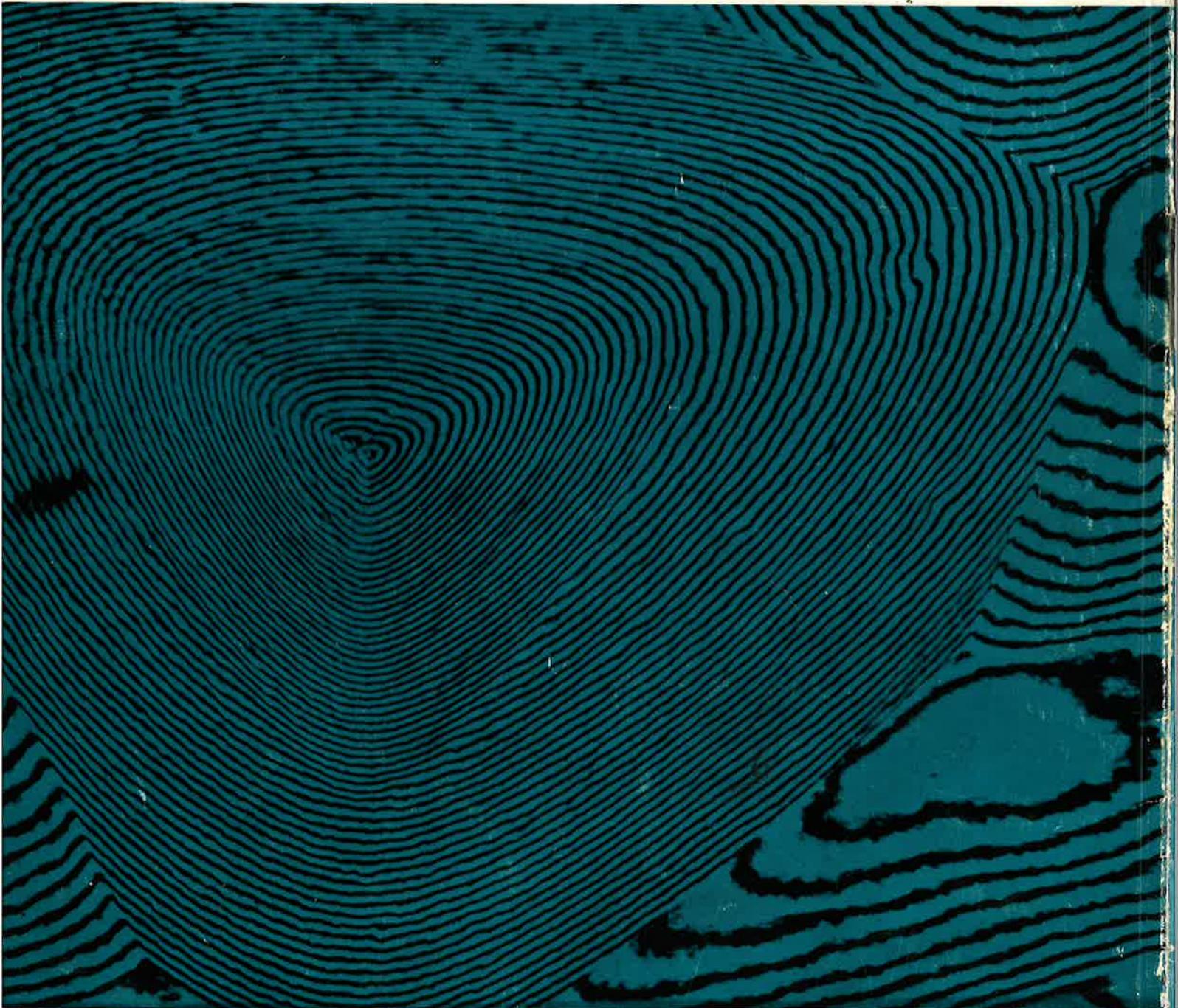
**Accessoires**

- 1 boîte de poudre
- 1 m de fil de transmission

**Matériaux auxiliaires**

- 500 aiguilles, diamètre 3 mm
- 50 cc d'huile de paraffine
- 100 bâtons de bois pour nettoyage





**N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN**  
**Division Industrielle Industries Annexes**  
**EINDHOVEN - HOLLANDE**