

LE DIAMANT

dans

l'industrie

POUR que le diamant s'avère l'outil capital du siècle, il a fallu — chose assez amusante — que l'on ait d'abord découvert un autre matériau, remarquable par sa dureté : le carbure de tungstène. L'essor de la production en grande série, surtout en Amérique, avait en effet entraîné, dans les années 1920 et 1930, une énorme demande en faveur de ce « métal dur » comme outil de coupe de longue durée, et indirectement aussi pour le diamant, seul matériau capable de l'affûter efficacement et économiquement. Puis, au fur et à mesure des immenses progrès réalisés par la science et par la technique, le diamant trouva de nouveaux emplois dans presque tous les domaines, emplois pour lesquels très souvent il devint irremplaçable.

Jusqu'en 1953, tous les diamants industriels provenaient des mines ou des gisements alluvionnaires. Cette année-là, toutefois, les chercheurs de la firme suédoise A.S.E.A. effectuèrent ce que l'on avait souvent tenu pour impossible : la synthèse du diamant par l'application simultanée sur du graphite d'une température et d'une pression très élevées. (La découverte par Tennant en 1797, que le dia-

mant était du carbone, est à l'origine de cette réalisation. Ce savant, pour le prouver avait fait brûler du diamant avec du salpêtre et avait ainsi produit du gaz carbonique. Répétant l'expérience avec un poids égal de charbon de bois, il avait recueilli la même quantité de gaz. Enfin, chauffant du diamant avec de la chaux et du phosphore, il obtint du charbon. Il en conclut que « le diamant n'est autre chose que du charbon, mais sous une forme cristalline différente ».

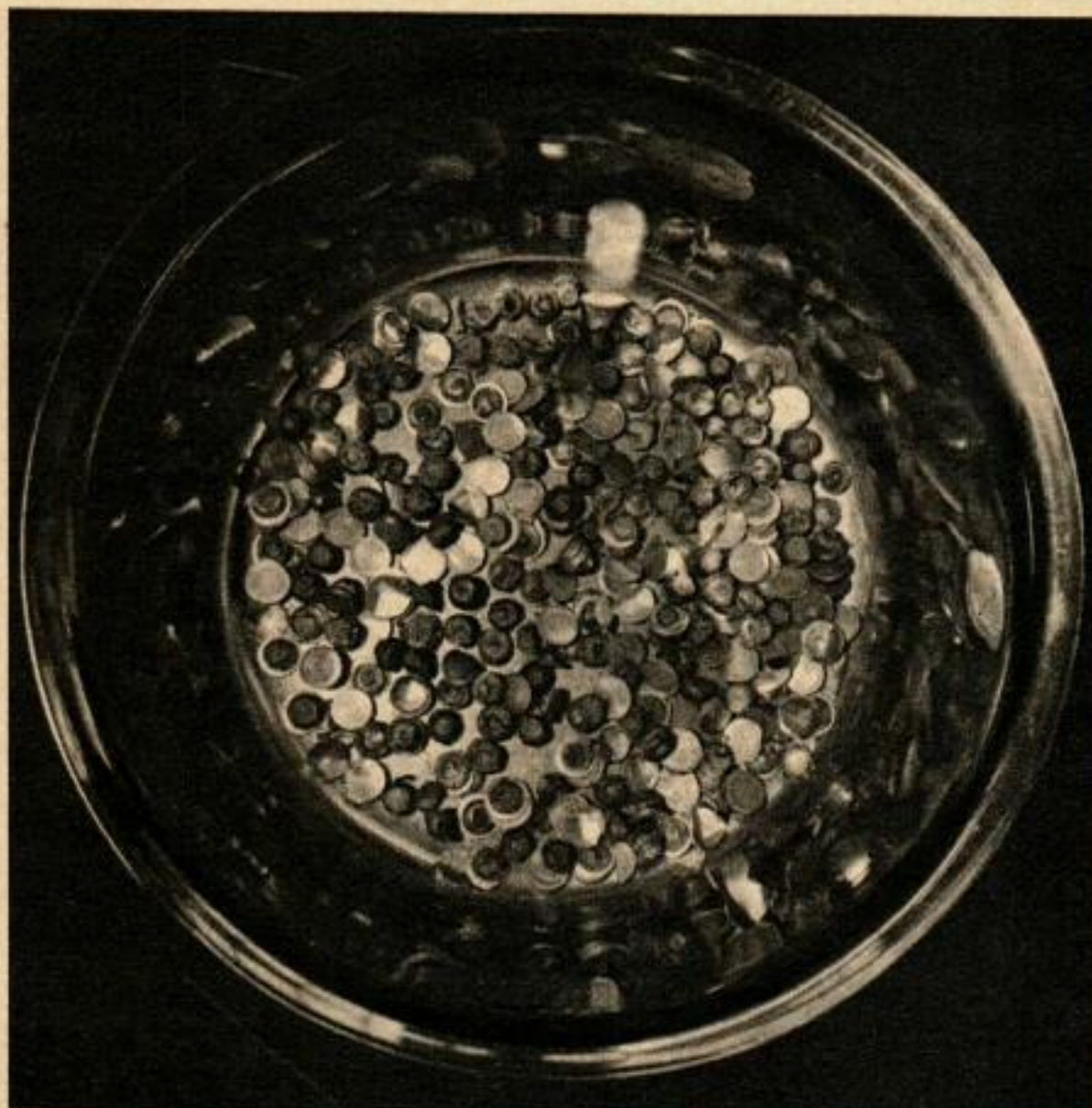
DIAMANT ET GRAPHITE.

Physiquement, le charbon cristallise sous deux variétés allotropiques principales : le diamant et le graphite. Elles ne diffèrent que par la disposition des atomes de carbone dans le réseau cristallin : dans le diamant, ces atomes se trouvent fortement liés en un assemblage de plans réticulaires régulier et très serré, tandis que dans le graphite l'arrangement des atomes est plus lâche et moins symétrique. La disposition très serrée des atomes dans le diamant et leur cohésion exceptionnelle expliquent sa dureté extrême. Sa densité est de

3,52 alors que celle du graphite et du marbre est de 2,5 celle du quartz et du sable de 2,6. La densité du graphite est de 2,3.

Faire la synthèse du diamant revient donc à créer un cristal de carbone. Mais, en raison des liaisons homopolaires extrêmement fortes qui unissent les atomes entre eux, c'est une opération difficile. La fantastique résistance à l'abrasion du diamant (dans des conditions op-

bien le graphite se sublime à des températures de l'ordre de 3 500° C. Mais certains des premiers chercheurs soutenaient la théorie que, si l'on pouvait soumettre le graphite à une très forte chaleur pour affaiblir les liaisons interatomiques du carbone, tout en lui appliquant une pression très élevée pour en rapprocher les atomes, on pourrait parvenir à la densité plus élevée, caractéristique du diamant.



Fragments de capsules contenant du carbone et du métal agglomérés, recueillis sous la presse après synthèse. Il est très difficile pour un œil non exercé de déceler les petits cristaux de diamant qui s'y trouvent. Néanmoins grâce à différents traitements, on peut extraire du contenu de ce récipient un millier de carats environ.

timales, celui-ci peut, comme outil de coupe, réaliser un enlèvement de matière plusieurs millions de fois supérieur à son propre poids) tient à ce qu'il faut une très grande quantité d'énergie pour arracher ses atomes à leur arrangement tétraédrique. Réciproquement, il faut évidemment une très grande énergie pour produire un cristal présentant des liaisons aussi fortes.

Porté à des températures supérieures à 1 200° C à la pression atmosphérique, le diamant se réduit en poudre de graphite. Par conséquent, chauffer simplement du graphite ne saurait le changer en diamant, puisque aussi

Au cours du siècle dernier, la solution du problème fit l'objet de nombreuses tentatives. Globalement, on peut considérer qu'elle a été recherchée de trois façons différentes : par précipitation d'une solution saturée, dans des conditions de température et de pression élevées, par réaction chimique, également à pression et température très hautes, et par application simultanée de la chaleur et de la pression à du graphite, dans une presse.

LES TRAVAUX DE MOISSAN ET HANNAY

Le première méthode fut explorée par différents chercheurs ; toutefois, leurs travaux

était d'avance voués à l'insuccès, car les pressions que l'on pouvait atteindre alors ne permettaient pas au carbone de précipiter sous forme de diamant. Un exemple typique de ces expériences est celui de Henri Moissan, éminent professeur de chimie minérale à Paris, qui déclara, en 1904, avoir réussi à faire des diamants. Il affirmait y être parvenu en chauffant à 3 000° C, dans un four électrique, un creuset contenant du fer et du carbone, puis en le plongeant dans un bain de plomb fondu, tenu le plus près possible de son point de fusion (327° C). Il avait vu des sphérules de fer monter à la surface du plomb et s'y solidifier. Il en avait isolé des cristaux qui présentaient une densité de 3 à 3,5 et qui, brûlés dans l'oxygène, avaient donné du gaz carbonique. Il en concluait que ces particules étaient du diamant. Or, on sait maintenant que sous une pression inférieure à 54 t/cm² (55 000 atmosphères), le carbone en solution dans le fer ne précipite pas sous forme de diamant. Il se peut, que pour faire plaisir au vieux savant, quelqu'un ait glissé dans le creuset des particules de diamant.

Les tentatives comportant une réaction chimique à température et pression élevées auraient pu, elles, produire des diamants, et il n'est nullement certain que toutes aient été des échecs. L'une des plus intéressantes fut celle de James Ballantyne Hannay, chimiste écossais membre de la Royal Society d'Édimbourg. En 1878, il réalisa un certain nombre d'expériences basées sur le fait que, quand on chauffe sous pression un gaz contenant du carbone et de l'hydrogène, en présence de lithium, de potassium, de sodium ou de manganèse, il y a combinaison du métal avec l'hydrogène, et le carbone se dépose. Hannay pensait que, dans ces conditions, le carbone pourrait se cristalliser sous forme de diamant.



Presse travaillant à haute température mise en œuvre pour la synthèse du diamant à l'usine De Beers de Shannon (Irlande). La transformation graphite-diamant s'effectue quand la pression atteint 70 t/cm² et la température approche 2 800° C.

Dans une de ces expériences, il utilisera un mélange formé de 10 % d'huile d'os rectifiée et de 90 % de paraffine distillée auquel on avait ajouté du lithium métallique. Ce mélange, placé dans un tube d'acier hermétiquement clos par soudage, fut chauffé dans un grand four pendant quatorze heures puis mis à refroidir lentement. On n'y parvint pas toujours, car il arriva que les tubes explosaient ou que devenus poreux aux très hautes températures, les gaz qu'ils contenaient s'en échappaient. Finalement, le four s'effondra, disloqué par les chocs répétés dus à l'explosion des creusets. Néanmoins, dans le matériau dur et noir recouvrant l'intérieur de trois de ces tubes, Hannay découvrit de fins cristaux transparents, semblables à des diamants. Il en soumit une douzaine au conservateur de la section minéralogique du British Museum, M. H. Story-Maskelyne, qui, après mûr examen, déclara qu'il s'agissait de diamants. En 1943, onze de ces fragments, sur douze, furent examinés aux rayons X et s'avérèrent bien être du diamant. Il semble néanmoins certain, aujourd'hui, que c'était en réalité des éclats de diamant naturel, car personne n'a réussi à refaire l'expérience. Nul ne sait cependant comment ils purent se trouver là. Peut-être, comme Moissan, Hannay a-t-il été victime d'un excès d'assistance zélée.

LA CANARDIERE DE SIR PARSONS

La troisième méthode (l'application simultanée de la chaleur et de la pression au graphite) s'est révélée finalement la bonne. En 1938, on avait, pour la première fois, fait une estimation correcte des pressions et des températures du diagramme d'équilibre diamant-graphite. Elle montrait qu'au-dessous d'une pression d'environ 1,2 t/cm² aucune température ne permet au diamant d'être stable par rapport au graphite.

Ce troisième procédé fit l'objet de multiples expériences de la part de sir Charles Parsons qui peut-être d'ailleurs, dans certaines d'entre elles, a momentanément atteint effectivement des valeurs simultanées de pression et température se situant au-dessus du triple point d'équilibre graphite-diamant-liquidus. Sir Charles travailla plus de vingt ans à essayer de faire des diamants, et engloutit dans cette tâche plus de 20 000 livres sterling. Dans l'une de ses tentatives, il se servit d'une canardière dans le canon de laquelle il avait disposé un piston de faible poids en acier plat sur sa face frontale et portant sur l'autre face, évidée, un joint d'étanchéité en cuivre. Ce piston avait une course totale de 90 cm. Au bout du canon il ajusta un gros bouchon d'acier

percé en son centre et obturé à une extrémité. Le canon, en avant du piston, fut rempli d'un mélange d'oxygène et d'acétylène, puis l'arme fut chargée avec de la poudre. Sir Charles avait calculé que ce mélange exploserait quand, le piston parvenant à 3 mm de la bouche du canon, on aurait un taux de compression de 288 pour lequel, estimait-on, la température et la pression dépasseraient 15 000° C et 14 t/cm². Une de ces expériences permit d'isoler un cristal, trop petit pour que l'on put alors l'identifier. Quoiqu'il en soit, on n'aboutit à aucun résultat, bien que les pressions atteintes finalement aient dépassé les 29 t/cm². Un gros travail d'expérimentation s'ensuivit dans le monde entier, surtout en Amérique. Toutefois, la synthèse effective du diamant exigeait au préalable la mise au point d'un matériel capable d'assurer le maintien simultané de température et de pression de l'ordre de 3 000° C et 89 t/cm². C'était là un problème formidable, impliquant notamment que les pressions de travail pratiquées de façon ininterrompue eussent dépassé la charge de rupture du matériau constituant les parois du récipient. (A titre d'indication, la résistance

maximale en compression du carbure de tungstène fritté au cobalt est d'environ 64 t/cm²).

LE SUCCES DE A.S.E.A.

Le problème fut résolu par A.S.E.A. de manière ingénieuse : tirant parti du fait qu'en appliquant l'un contre l'autre, à angle droit, les arêtes de deux couteaux, on peut y développer des pressions très élevées dépassant ce qui serait normalement possible, et ceci grâce au soutien apporté à ces arêtes par la masse du métal environnant, A.S.E.A. réalisa une presse hydraulique remarquable qui pouvait appliquer une pression de 95 t/cm² à un volume de 400 cm³, volume immense si on le compare à celui de 0,66 cm³ auquel étaient arrivés les Américains en 1955. Six pistons à tête sphérique convexe, constitués par des troncs de pyramide quadrangulaire avec angle au sommet de 90°, furent assemblés de manière à délimiter une cavité sphérique d'environ 400 cm³, l'un d'eux étant traversé par une résistance électrique. En raison de la forme pyramidale des pistons, la pression en-

Triage de forme sur une table vibrante inclinée. Les particules de formes arrondies roulent vers le bas, tandis que les grains plats et irréguliers se dispersent vers le haut. Entre les deux extrémités, onze catégories intermédiaires de grains peuvent être séparées en une seule opération. On obtient ainsi des groupes de particules avec des caractéristiques physiques déterminées correspondant à différentes applications industrielles.



gendrée au centre de la sphère se trouvait égale à la pression appliquée aux faces extérieures des pistons, multipliée par le rapport des aires de leur face extérieure et de leur face intérieure. Une pression appliquée de 5,7 t/cm² se trouvait ainsi portée à 95 t/cm².

Les premiers essais entrepris, visant à passer directement du graphite au diamant, échouèrent. D'autres furent effectués sur un mélange de fer et de carbone en vue d'obtenir la précipitation du carbone en solution. Le 15 février 1953, après vingt-trois années d'études et de mises au point laborieuses, elles devaient aboutir à un succès complet, sous forme d'une quarantaine de petits cristaux dont la production avait coûté à la compagnie près de 140 000 livres. Lors de cette première expérience positive, un mélange de graphite et de carbure de fer fut comprimée pour former une bille de 20 mm de diamètre qu'on enroba dans de la thermite. La pression fut appliquée, et la thermite enflammée. Après avoir laissé refroidir la charge on la coupa en deux et, à l'immense joie de tous les participants, on y découvrit un certain nombre de cristaux très petits dont l'examen aux rayons X prouva qu'ils étaient du diamant.

L'USINE DE BEERS DE SHANNON

Depuis lors, successivement, les Etats-Unis, l'Afrique du Sud, l'Union soviétique et le Japon ont opéré la synthèse du diamant. Une des plus récentes installations construites à cet effet se trouve en Irlande où, dans la zone industrielle de l'aéroport de Shannon, l'usine de l'Ultra High Pressure Units fabrique des diamants à destination de presque tous les pays industriels du monde. On a constaté qu'en incorporant dans le mélange initial d'autres métaux que le fer, on obtenait des cristaux de diamant de types déterminés. On a essayé le tantale, le chrome, le manganèse, le cobalt, le nickel, le ruthénium, le rhodium, le palladium, l'osmium, l'iridium et le platine, mais il semble que l'on obtienne les meilleurs résultats avec le nickel et le cobalt. La variété de carbone utilisée pour le mélange de base est, elle aussi, importante et a un effet direct sur le type et le nombre des diamants obtenus. Le graphite industriel fournit de bons résultats.

Durant la phase de formation, les diamants grossissent rapidement de plus de 0,1 mm par minute. La structure des cristaux produits (cubique, dodécaédrique ou octaédrique) dépend de la température de cristallisation, et leur couleur varie du noir, pour les températures les plus basses, au blanc pour les plus

élevées. On peut obtenir aussi des colorations vertes et jaunes, mais elles sont dues davantage à des défauts réticulaires qu'à des impuretés spécifiques.

Les diamants synthétiques ont les mêmes caractéristiques physiques, chimiques et optiques, que les diamants naturels. A l'œil nu, ils présentent une teinte or pâle ou gris noir. Ils sont évidemment utilisables uniquement comme diamants industriels.

Le diamant synthétique est voué à un brillant avenir. Grâce à lui, en effet, les besoins de l'industrie ne sont plus tributaires de la production minière de pays qui peuvent connaître l'instabilité politique. Et les progrès réalisés dans les domaines théorique et pratique ont été si rapides, qu'il est possible aujourd'hui de produire, à la demande, des diamants réunissant toutes les combinaisons particulières de grosseur, résistance, état de surface et forme, requises par l'industrie. Ce fait, joint à l'effort considérable de recherche sur la préparation et l'utilisation des diamants synthétiques en outillage entrepris par l'industrie et par les laboratoires de la société De Beers à Johannesburg ne peut manquer de donner naissance à de nouvelles techniques dont nous serons tous les bénéficiaires.

Diamants synthétiques MDA De Beers, préconisés pour la surface et le perçage du verre, du carbure de tungstène et des céramiques ; le rodage des paliers et des cylindres de moteur, le sciage des pierres semi-précieuses ou l'affilage des outils de coupe en carbure de tungstène.

