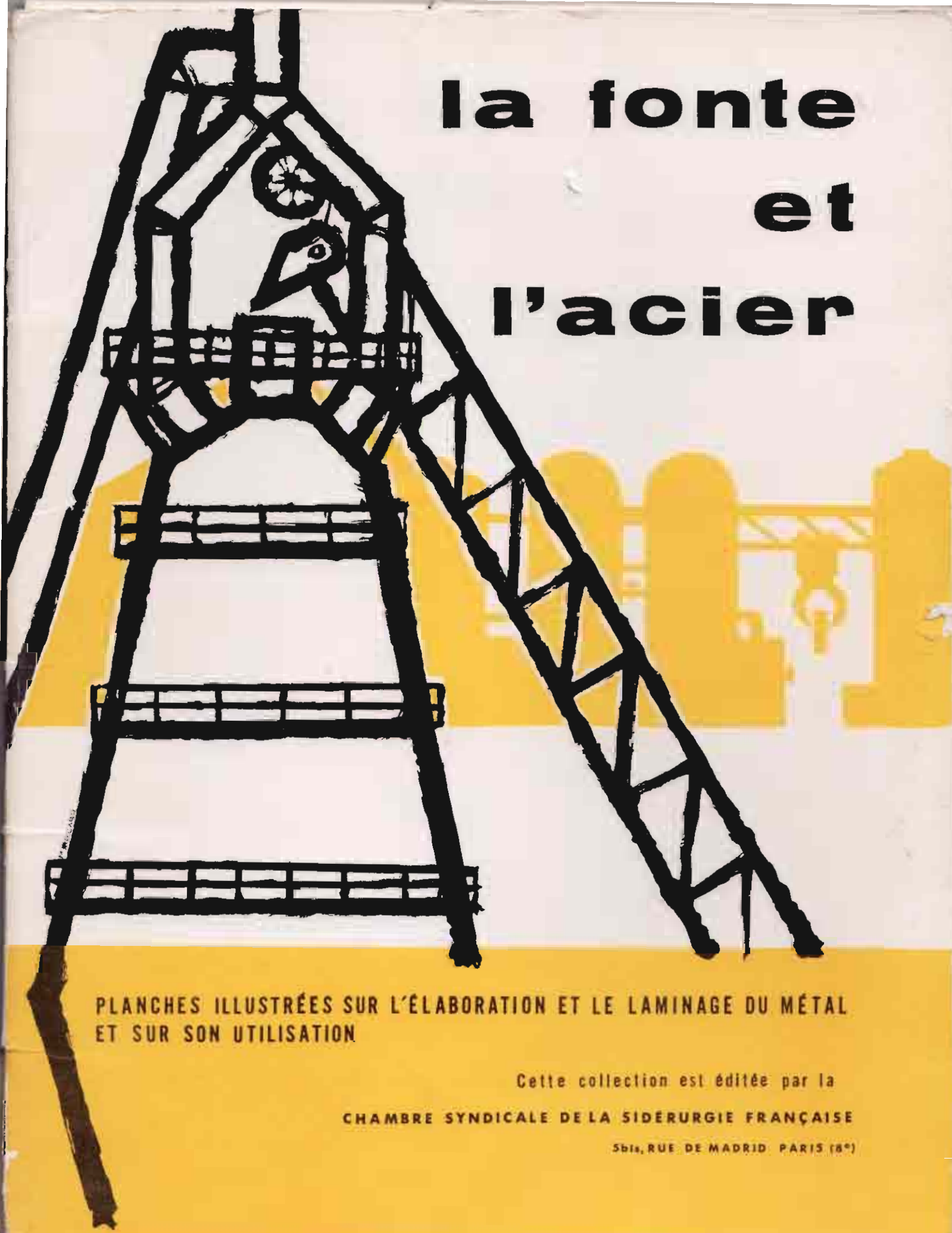


la fonte et l'acier

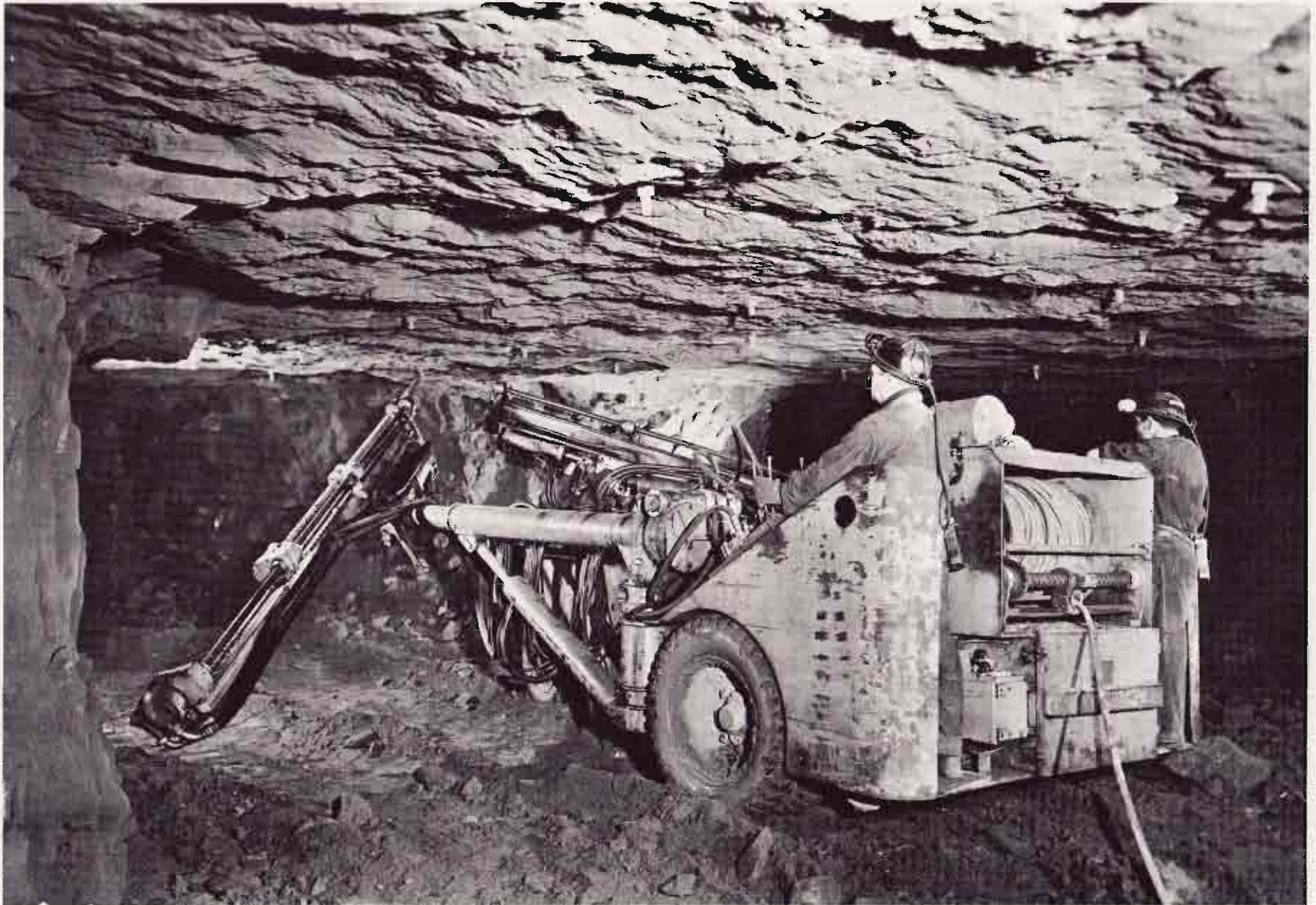


PLANCHES ILLUSTRÉES SUR L'ÉLABORATION ET LE LAMINAGE DU MÉTAL
ET SUR SON UTILISATION

Cette collection est éditée par la
CHAMBRE SYNDICALE DE LA SIDERURGIE FRANÇAISE

5614, RUE DE MADRID PARIS (8^e)

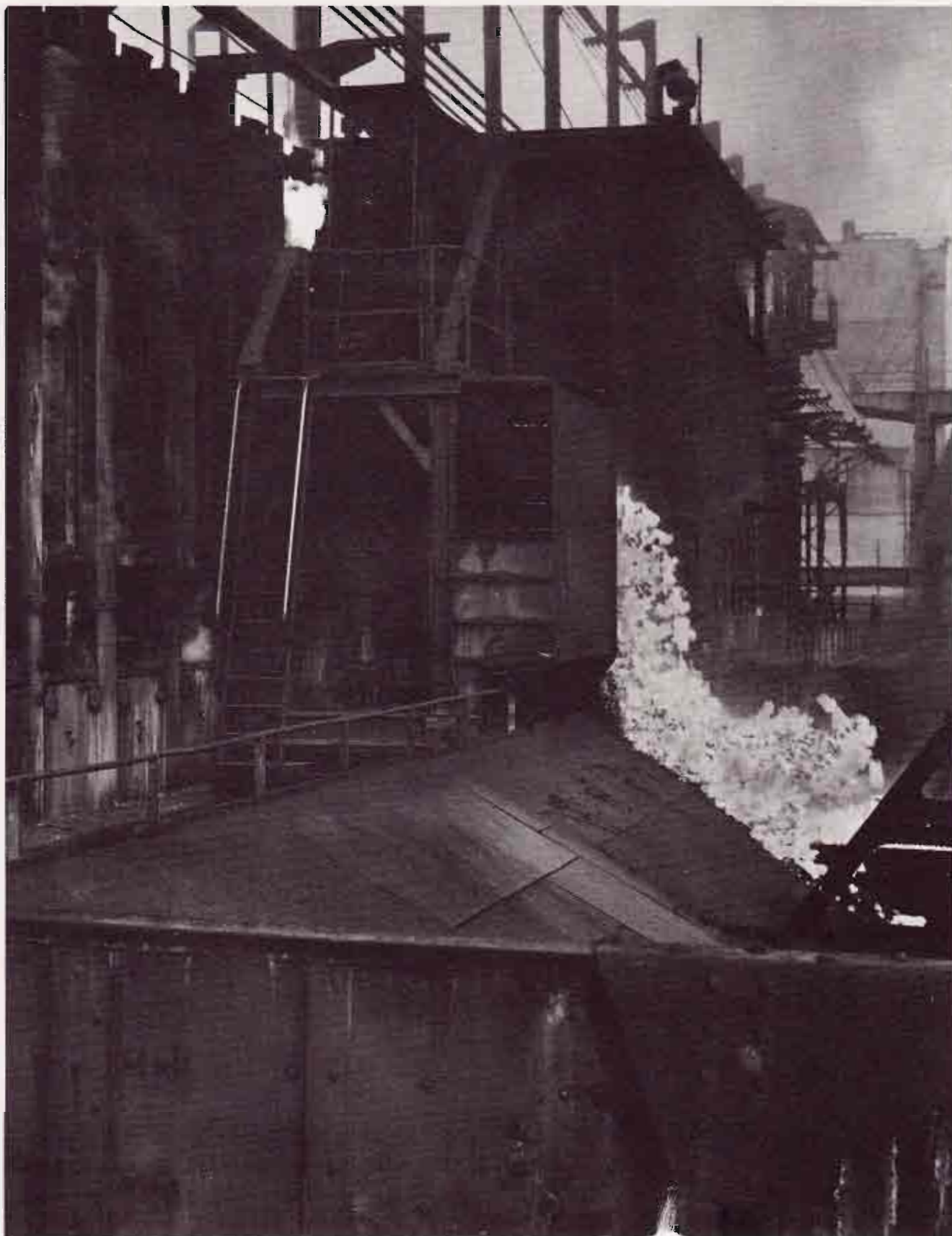
- 1 - La fabrication de la fonte et de l'acier
- 2 - Extraction du minerai de fer
- 3 - Préparation des charges
- 4 - Défournement du coke
- 5 - Batterie de hauts fourneaux
- 6 - Le haut fourneau et ses installations annexes
- 7 - Haut fourneau moderne
- 8 - Elaboration de l'acier dans le convertisseur Thomas
- 9 - Soufflage d'un convertisseur Thomas
- 10 - Elaboration de l'acier à l'oxygène pur
- 11 - Cornue O L P pendant le soufflage
- 12 - Canalisation d'alimentation en oxygène et en eau de refroidissement du four Kaldo
- 13 - Elaboration de l'acier au four Martin
- 14 - Four Martin
- 15 - Elaboration de l'acier dans le four électrique à arc
- 16 - Coulée de l'acier au four électrique
- 17 - La coulée de l'acier en lingotière
- 18 - La coulée continue
- 19 - Le laminage de l'acier
- 20 - Blooming-slabbing
- 21 - Laminage de gros ronds pour tubes
- 22 - Cage dégrossisseuse
- 23 - Groupe des cages finisseuses d'un train de laminage à chaud
- 24 - 25 - Les principaux produits sidérurgiques
- 26 - Les sous-produits
- 27 - Les principaux secteurs d'utilisation de l'acier
- 28 - Construction mécanique, électrique, etc ...
- 29 - Construction et industrie du bâtiment
- 30 - Les chemins de fer
- 31 - Routes
- 32 - Equipement domestique
- 33 - L'industrie du tube
- 34 - La construction navale
- 35 - Agriculture
- 36 - Travaux publics



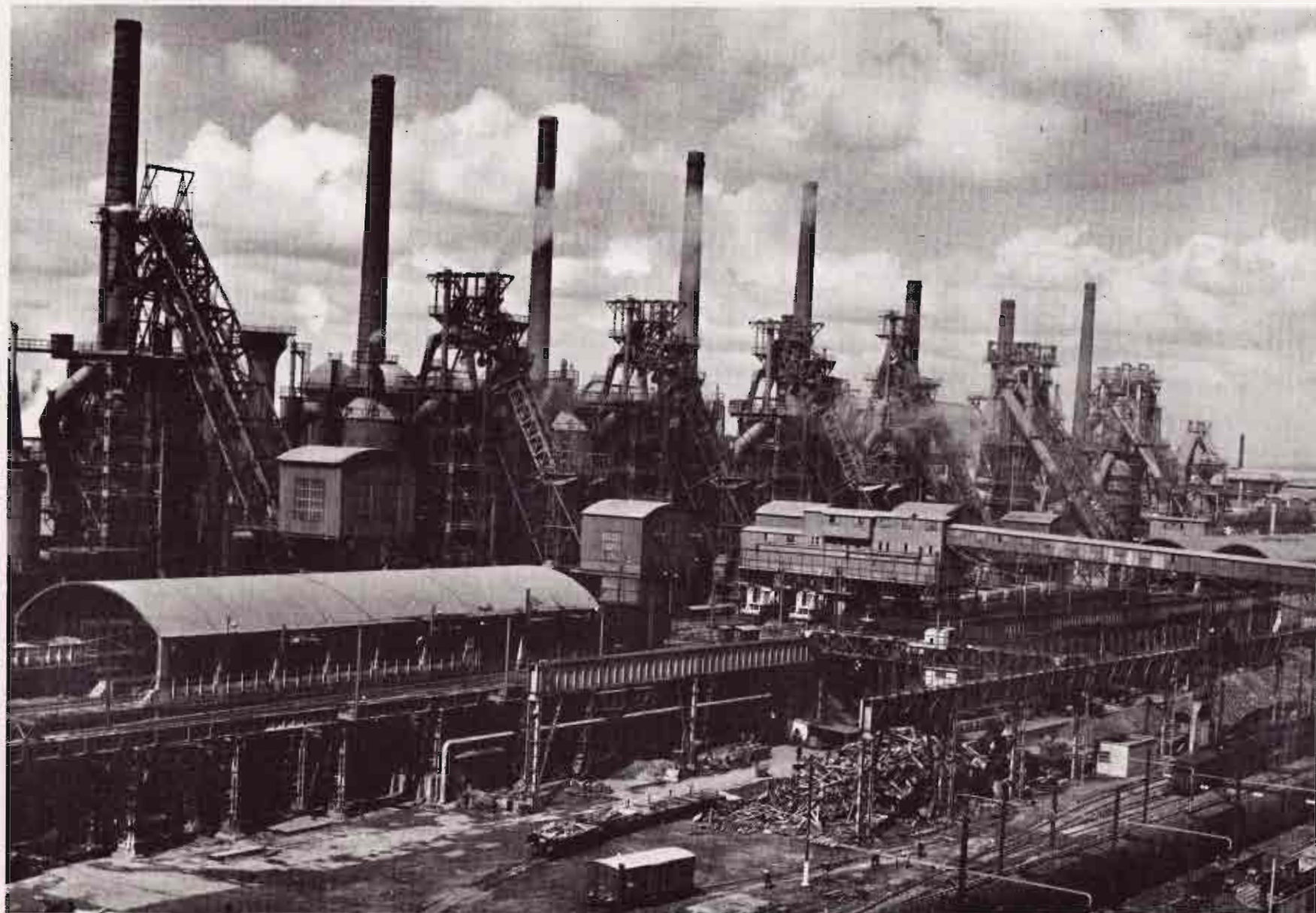
On voit ici en action une perforatrice capable de percer à la fois deux trous de mine à la cadence de 2 m à la minute. Le minerai abattu à l'explosif sera ensuite chargé mécaniquement et expédié vers la surface. Le Bassin Lorrain assure plus de 90 % d'une production qui place la France au 1^{er} rang des producteurs européens et au 3^{ème} dans le monde.



Avant d'être chargée dans les hauts fourneaux, une part importante du minerai est, après concassage, criblée et agglomérée. L'agglomération, en donnant au minerai de fer un état qui facilite sa réduction ultérieure, permet d'améliorer la qualité de la fonte et la productivité des hauts fourneaux, en diminuant sensiblement la consommation du coke nécessaire à l'élaboration du métal.



Les usines sidérurgiques françaises fabriquent, à partir des charbons à coke, une part appréciable du coke qu'elles consomment. Les "fines" triées, calibrées, lavées, broyées, sont enfournées dans les fours à coke où elles brûlent en vase clos. Le coke incandescent est défourné mécaniquement. Une partie des gaz de distillation est traitée dans des installations d'épuration pour la fabrication du goudron, du benzol, etc. Une autre, est utilisée, en raison de son haut pouvoir calorifique, pour chauffer les fours eux-mêmes.

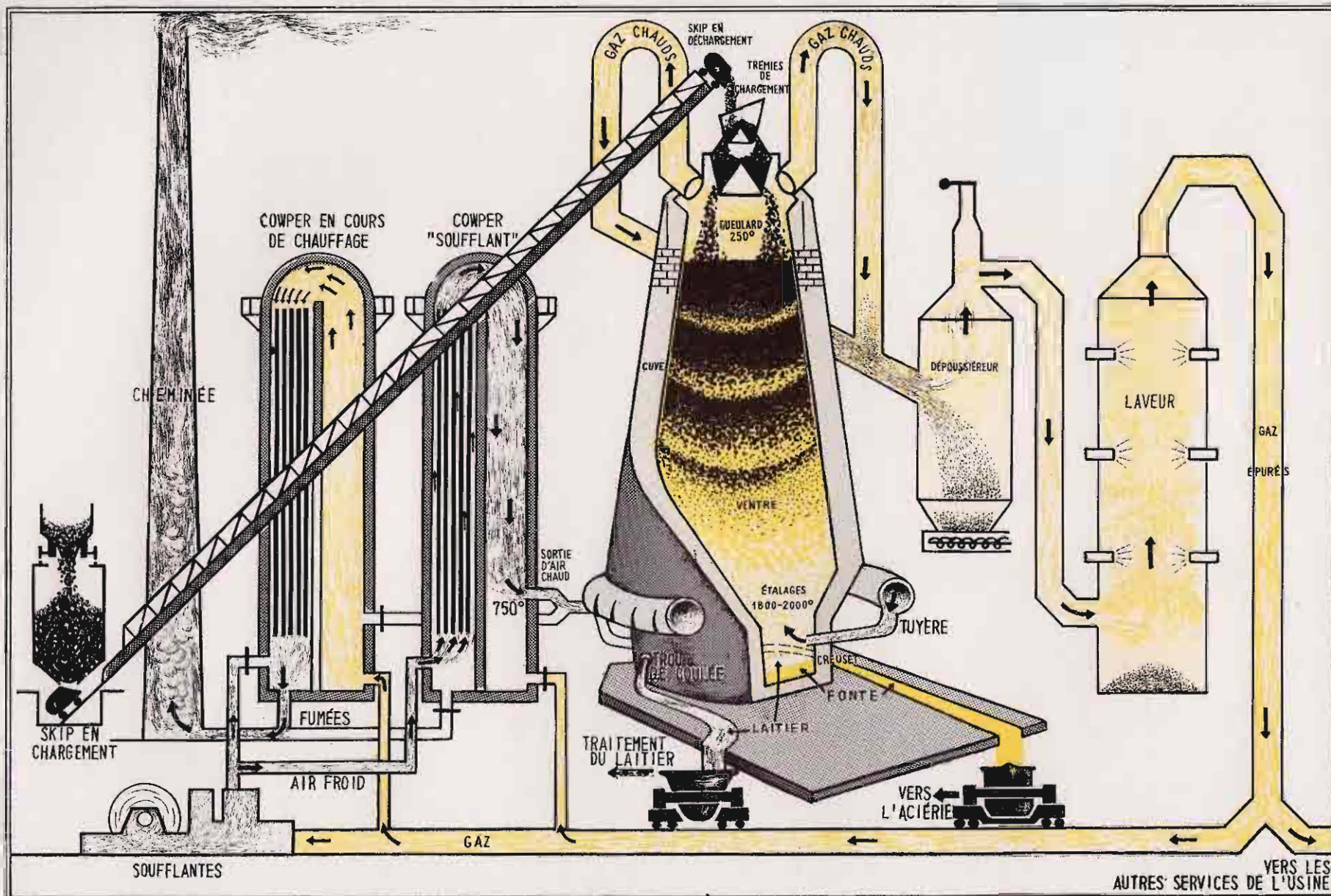


5

BATTERIE DE HAUTS FOURNEAUX

Photo Doumic

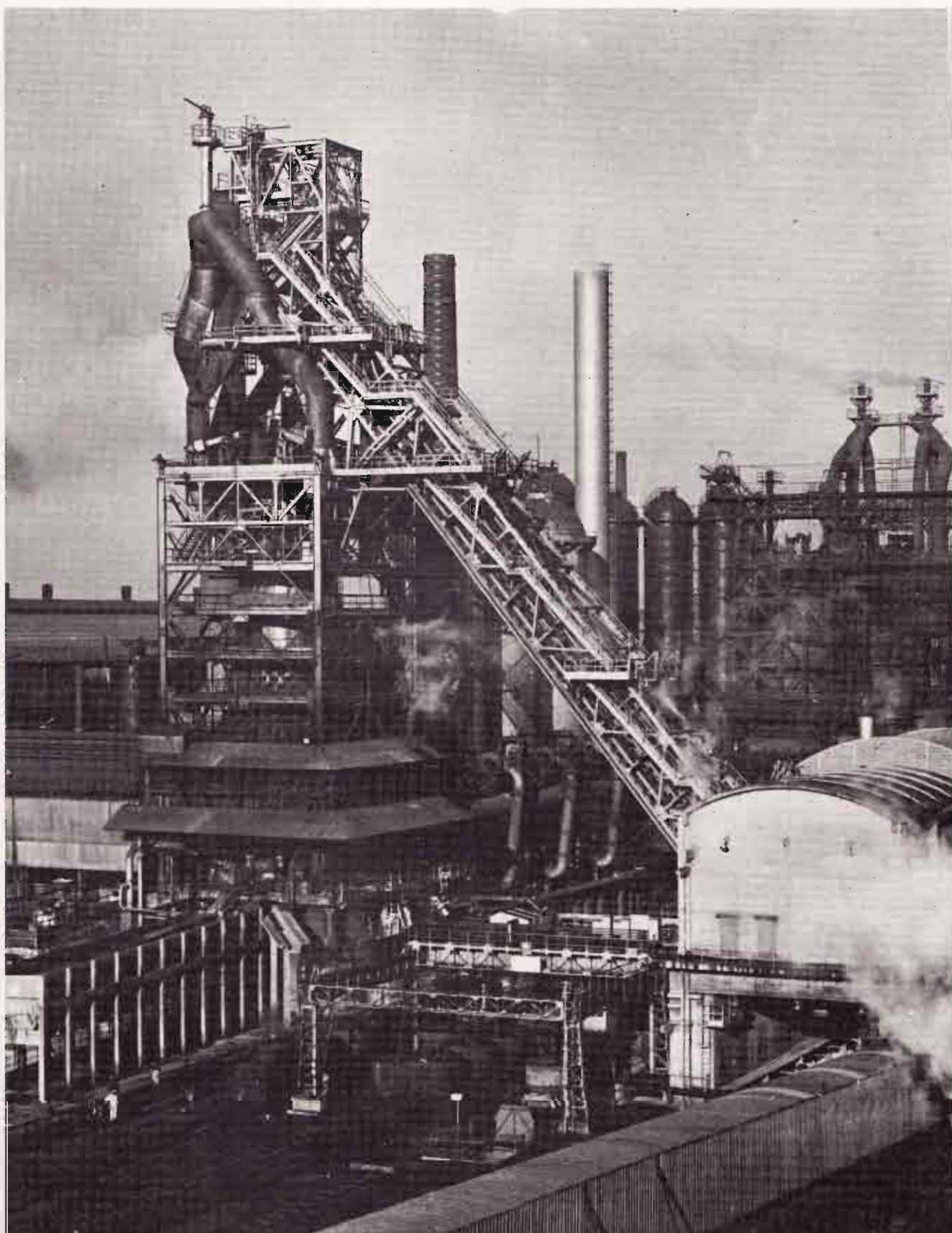
Un haut fourneau moderne produit de 1.000 à 2.000 tonnes de fonte par jour et les coulées s'effectuent toutes les 4 ou 6 heures. La production d'une tonne de fonte nécessite 1 tonne de coke et 3 tonnes de minerai de fer lorrain ou bien de 750 kilogs de coke et 2,5 tonnes d'agglomérés.



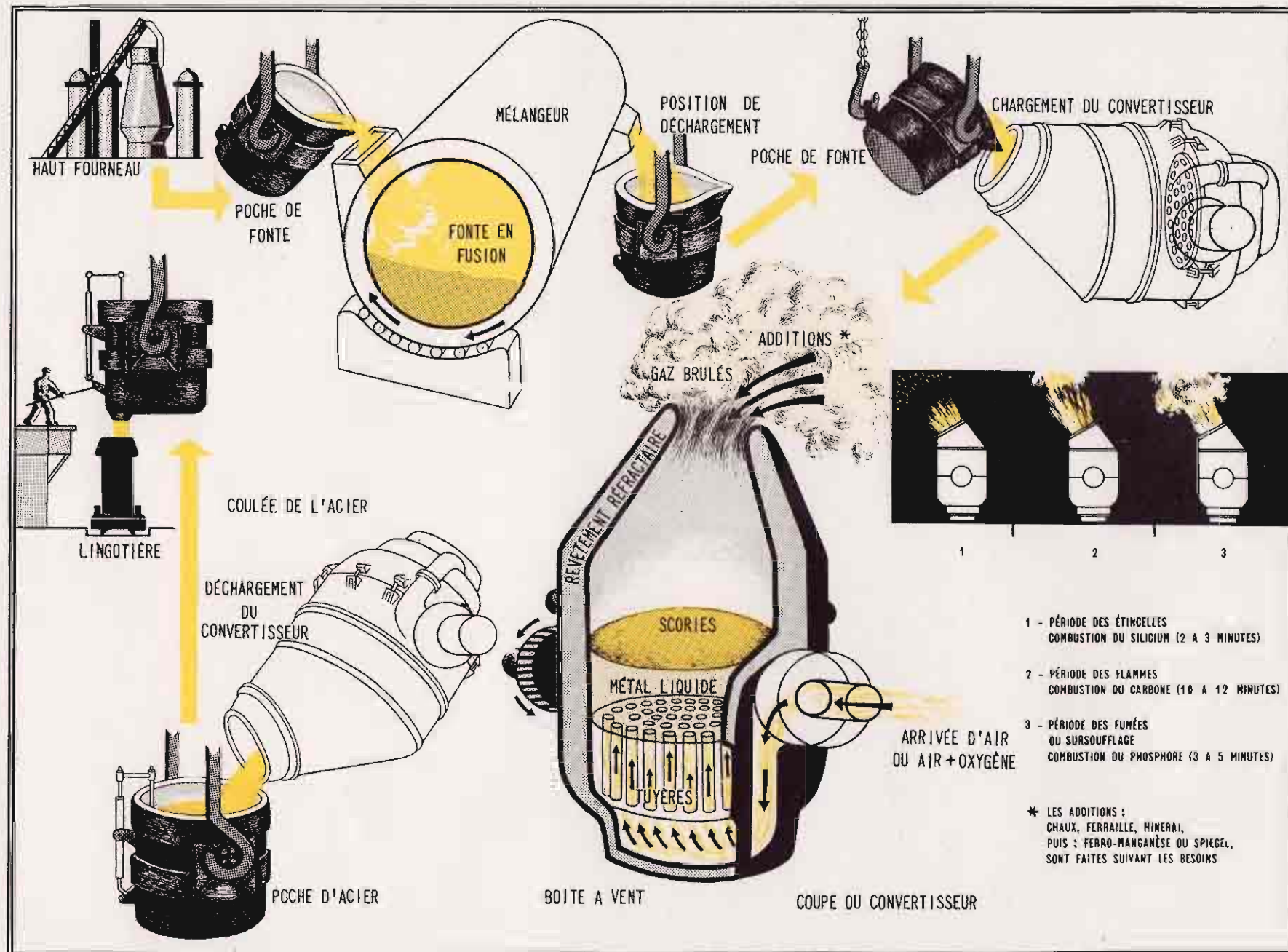
C.S.S.F.
6

LE HAUT FOURNEAU ET SES INSTALLATIONS ANNEXES

Coke et minerai sont chargés en couches alternées dans le haut fourneau où règne une température qui peut atteindre 2.000°. Le coke, en brûlant sous l'effet de l'air chauffé introduit par les tuyères, entraîne la fusion et la réduction du minerai. Les gaz de combustion, récupérés au gueulard, sont dépoussiérés et lavés avant d'être utilisés pour le réchauffage de l'air dans les coupers et l'entraînement des moteurs des soufflantes. Ces gaz servent d'autre part à actionner les alternateurs qui fournissent à l'usine l'énergie électrique dont elle a besoin et à chauffer certains fours des aciéries et laminoirs.



On reconnaît sur cette photographie les différents éléments décrits sur le précédent schéma; si la cuve est en partie dissimulée par les superstructures métalliques, on distingue aisément au sommet du haut fourneau les tuyaux collecteurs de gaz, puis vers la droite, le plan incliné des skips de chargements qui relie le gueulard aux accumulateurs à minerais et à coke. Les tours cylindriques, derrière la cheminée, sont les cowpers.



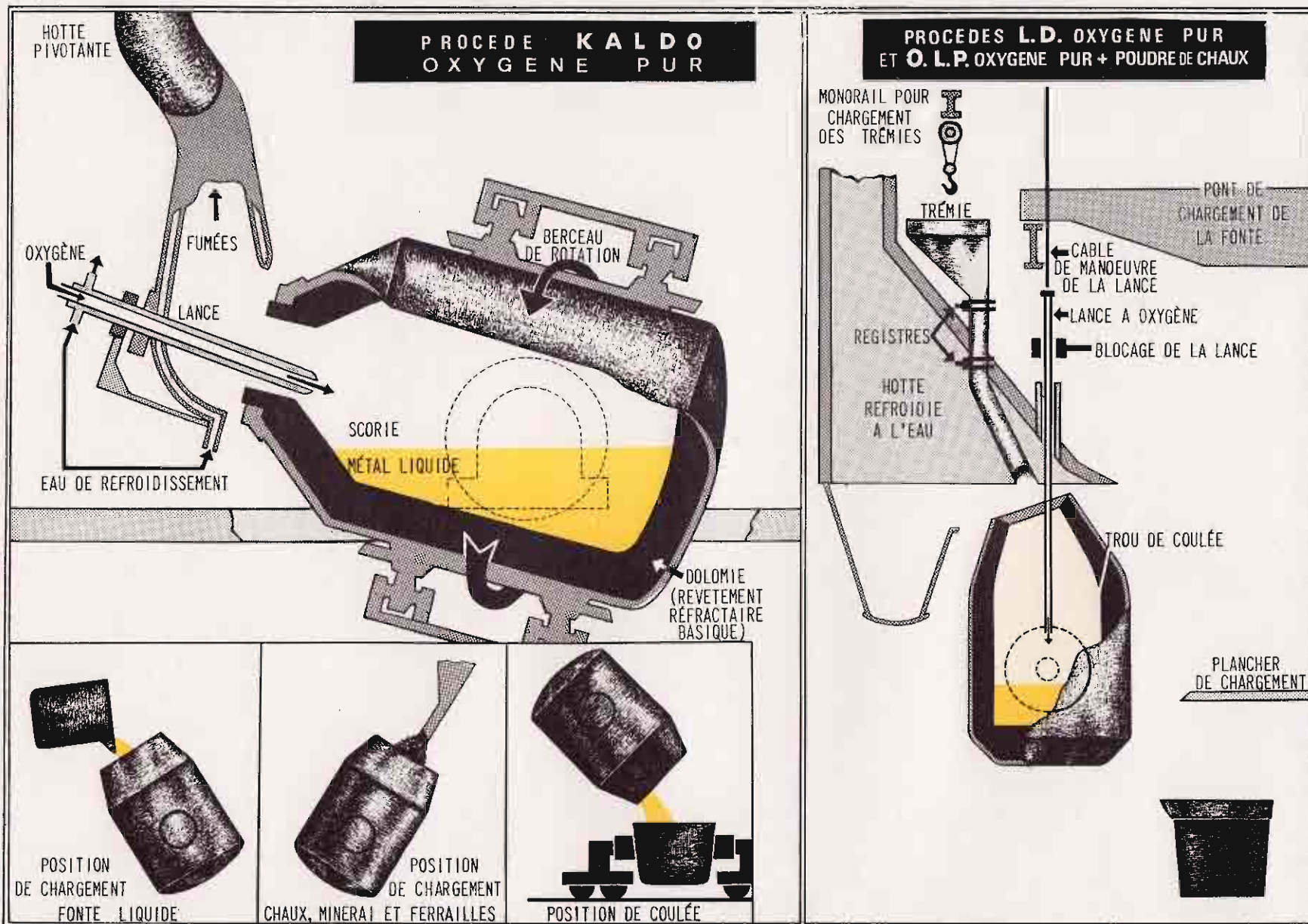
ÉLABORATION DE L'ACIER DANS LE CONVERTISSEUR THOMAS

L'acier est du fer à faible teneur en carbone. Pour brûler le carbone de la fonte, on souffle de l'air, ou un mélange d'air et d'oxygène, à travers le métal en fusion versé dans le convertisseur, grosse cornue d'acier d'une capacité de 25 à 50 tonnes. Les parois réfractaires du convertisseur Thomas sont en dolomie basique, inattaquable à la chaux que l'on doit introduire pour éliminer le phosphore de la fonte.



SOUFFLAGE D'UN CONVERTISSEUR THOMAS

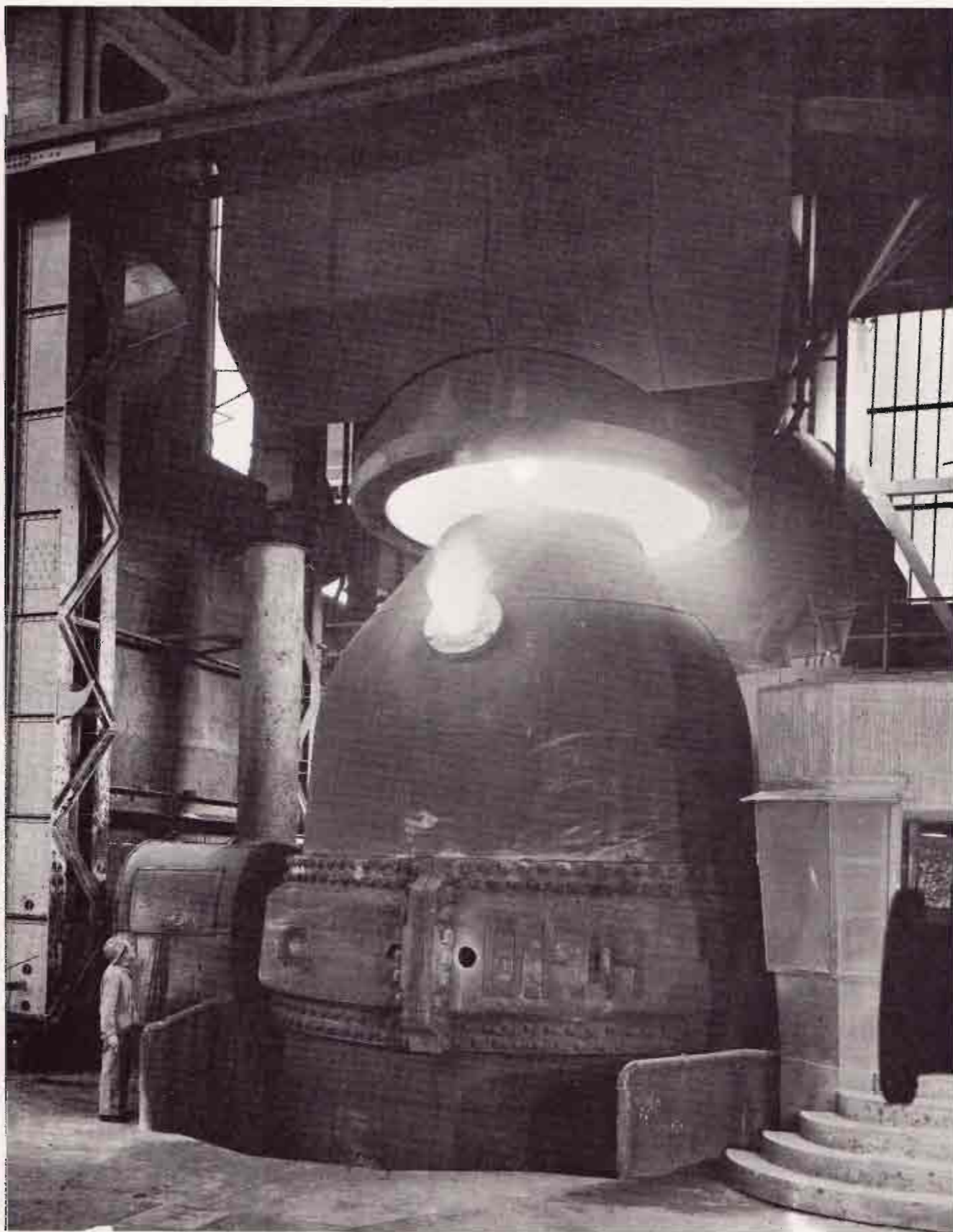
La découverte du procédé Thomas (1878) a permis d'exploiter le minerai phosphoreux lorrain jusqu'alors inutilisable.
Actuellement en France, 53 % de l'acier est obtenu par le procédé Thomas.



C.S.S.F.

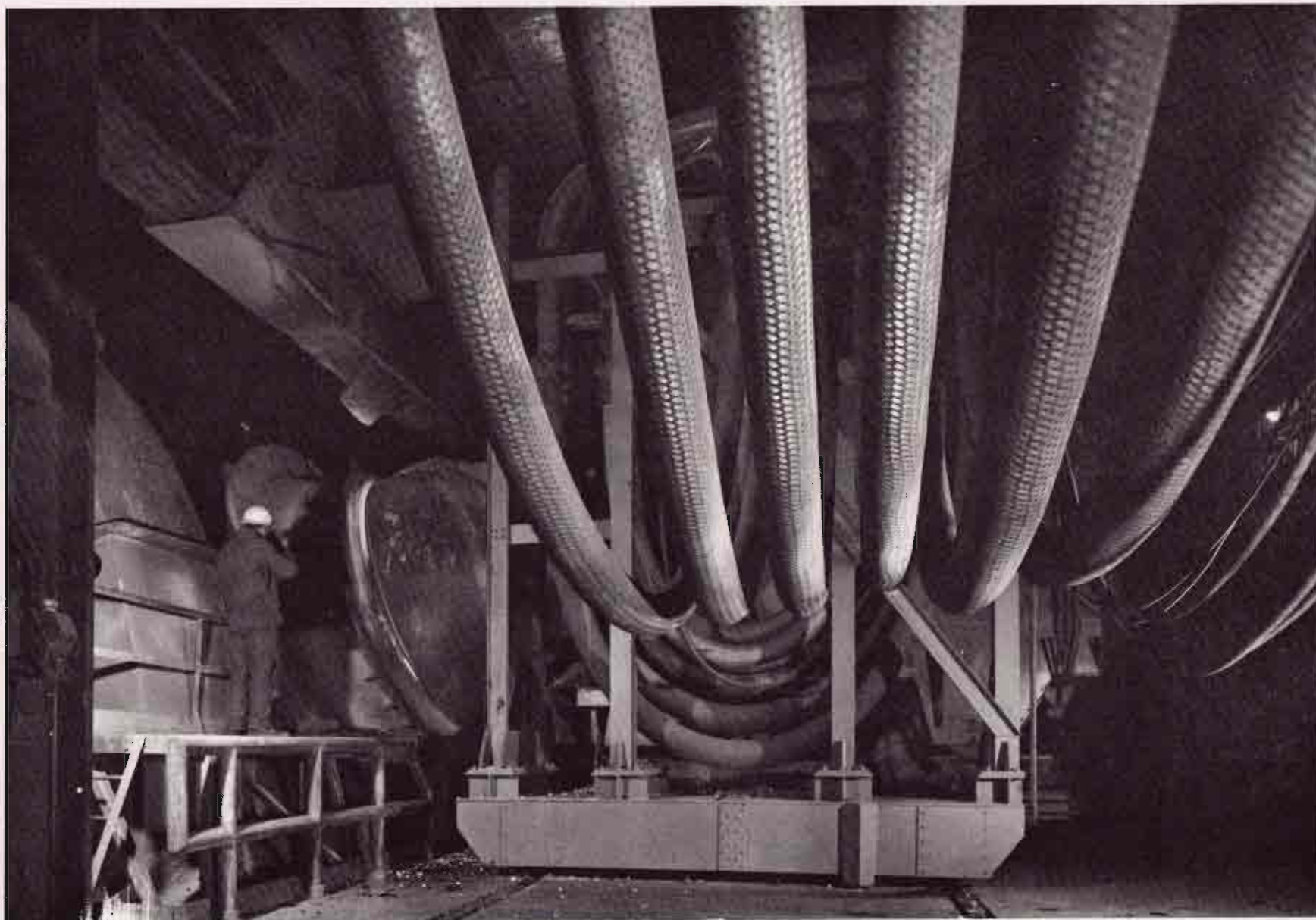
ÉLABORATION DE L'ACIER A L'OXYGÈNE PUR

L'élaboration de l'acier au moyen d'oxygène pur est récente; elle n'a été rendue possible que par la mise au point du procédé permettant la production d'oxygène en très grande quantité et à un prix relativement bas. Les aciers élaborés à l'oxygène pur contiennent beaucoup moins d'azote que ceux soufflés à l'air ordinaire, ce qui leur confère des possibilités d'emploi plus nombreuses. Contrairement au procédé Thomas où l'air est soufflé par le fond du convertisseur, l'oxygène pur est soufflé au-dessus de la fonte liquide car la chaleur de la réaction est beaucoup plus élevée et le fond de la cornue n'y résisterait pas.



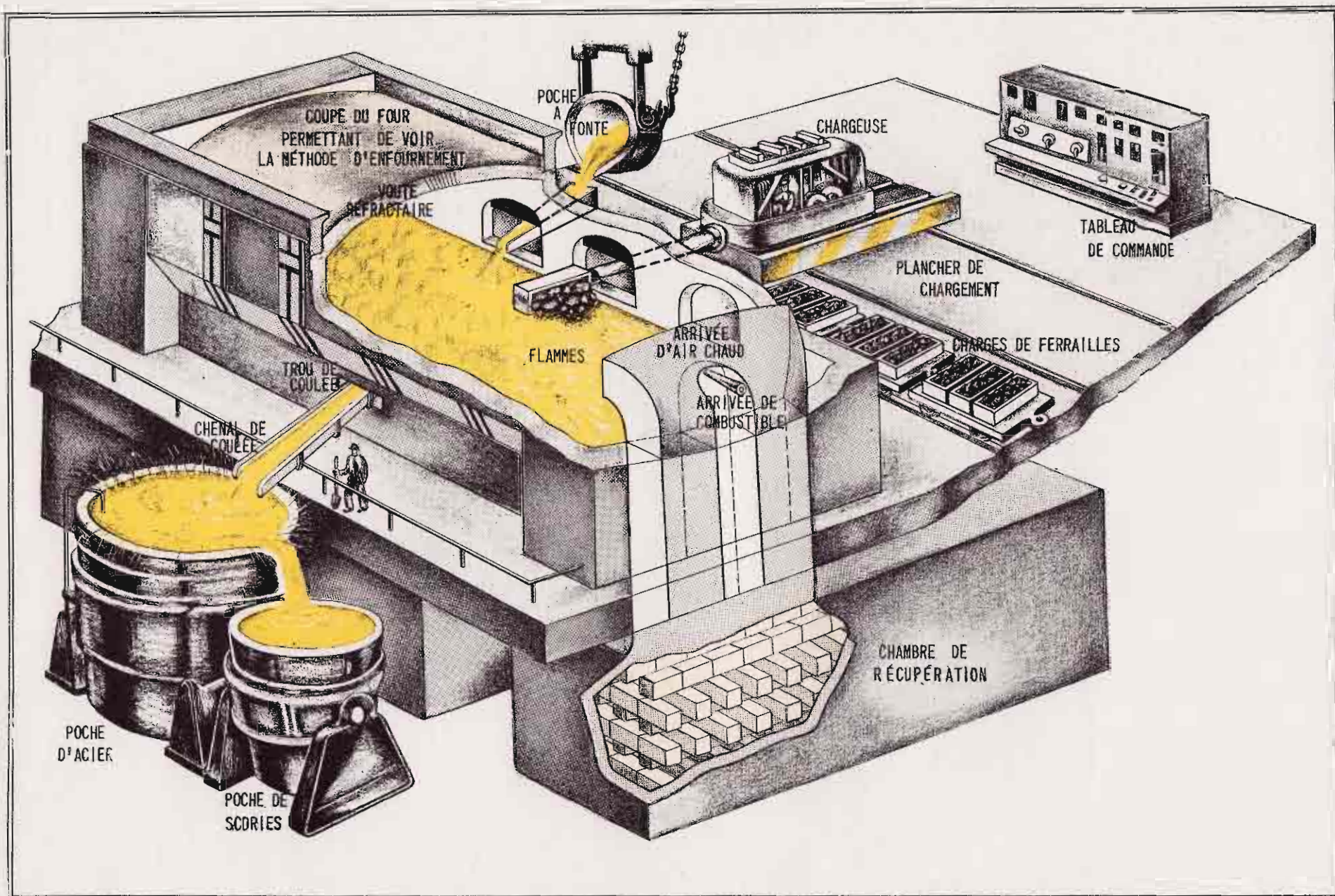
CORNUE O L P PENDANT LE SOUFFLAGE

Le procédé O L P a été mis au point par l'Institut de Recherches de la Sidérurgie (IRSIO). Il permet de traiter les fontes phosphoreuses grâce à de la poussière de chaux qui est mélangée à l'oxygène. La production d'acier à l'oxygène pur, encore peu importante, doit se développer rapidement aux cours des prochaines années.



CANALISATIONS D'ALIMENTATION EN OXYGÈNE ET EN EAU DE REFROIDISSEMENT DU FOUR KALDO

Dans le procédé Kaldo, mis au point en Suède, le four est en position inclinée et tourne sur lui-même à raison de 30 tours par minute. Cette rotation favorise les échanges entre le métal et la scorie. Ce procédé s'applique indifféremment aux fontes hématites et aux fontes phosphoreuses.



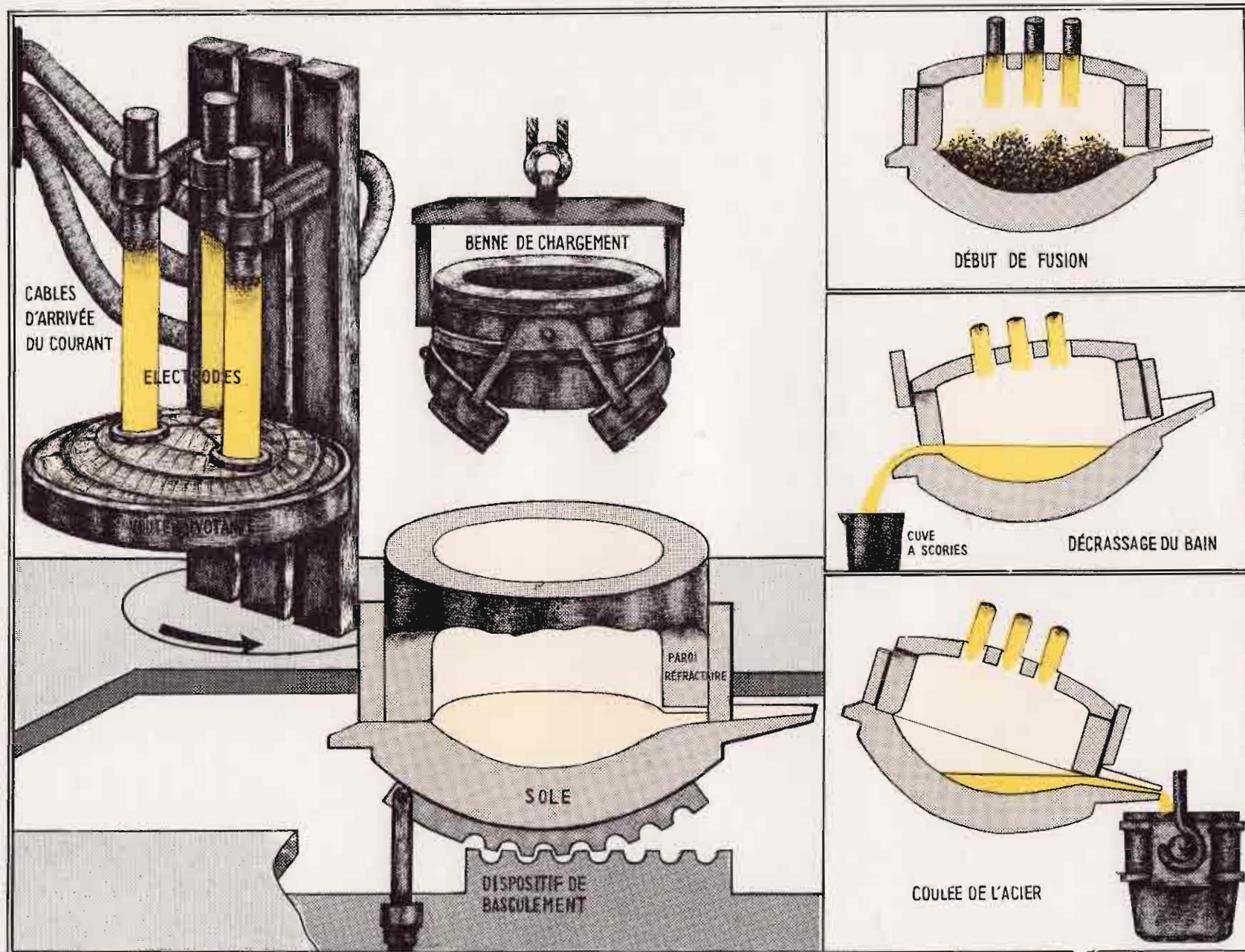
ÉLABORATION DE L'ACIER DANS LE FOUR MARTIN.

Le four Martin comporte une voûte réfractaire au-dessus d'une sole où ferrailles et fontes sont déposées. Leur fusion s'effectue en brûlant des gaz (de gazogènes, de fours à coke, etc.) ou des liquides (mazout). L'opération d'affinage, longue mais précise, permet l'élaboration d'aciers de qualité.



FOUR MARTIN

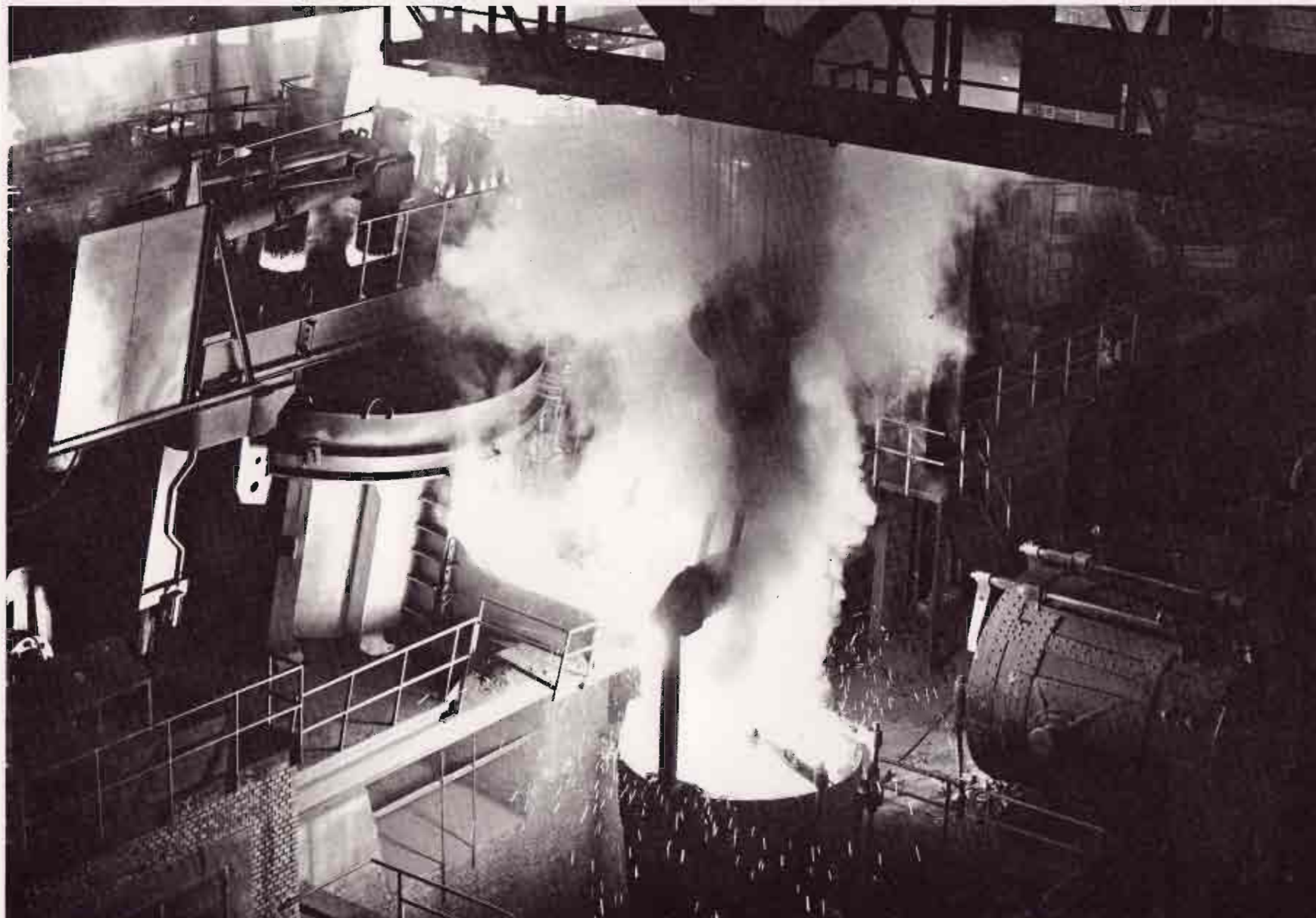
24 % de la production française d'acier est élaborée au four Martin. La matière première essentielle est la ferraille.



C.S.S.F.
15

ELABORATION DE L'ACIER DANS LE FOUR ÉLECTRIQUE A ARC

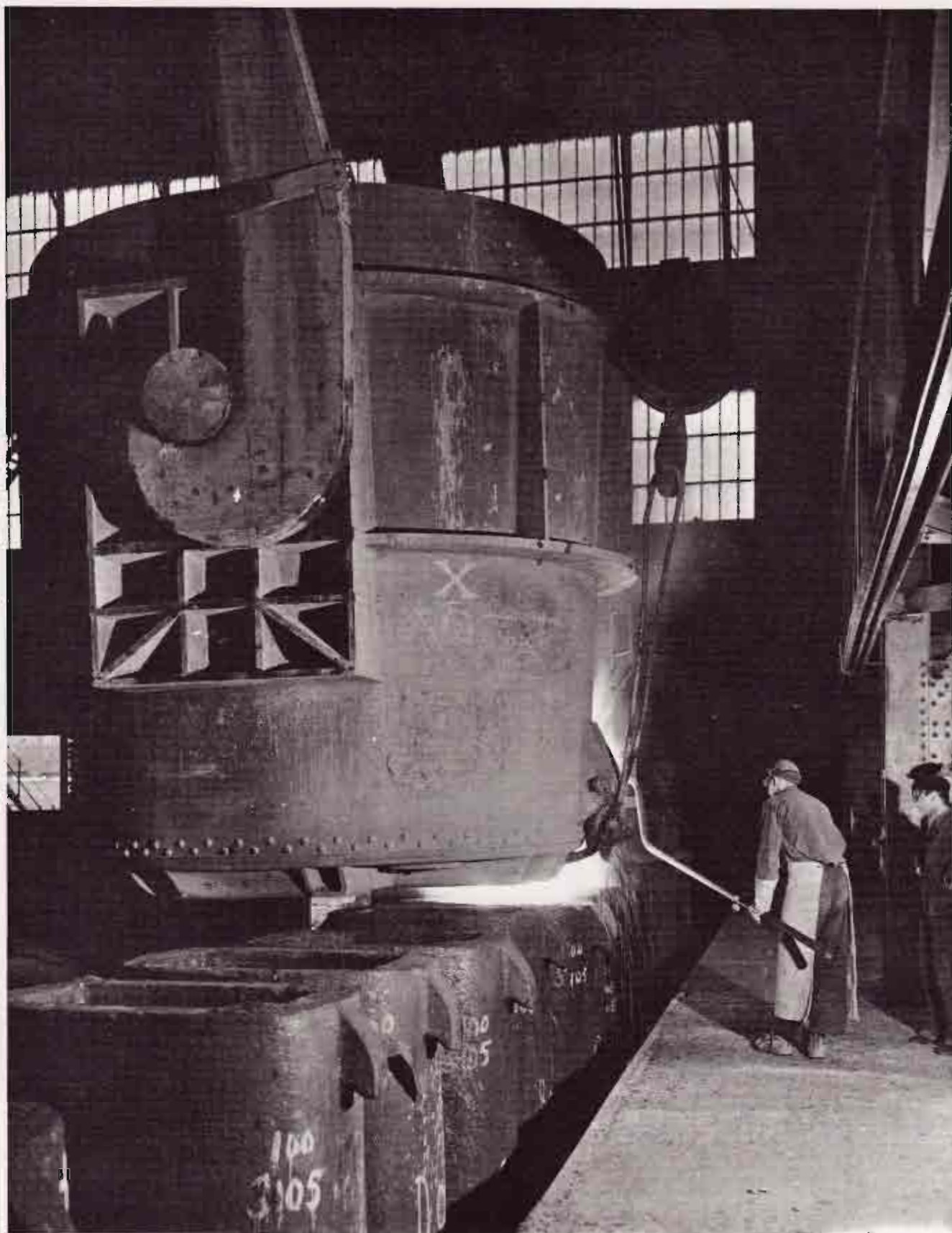
Le four électrique sert essentiellement à produire des aciers alliés de haute qualité. Des ferrailles de choix et des additions de métaux divers y sont fondus par un arc électrique puissant qui jaillit entre des électrodes de graphite. Comme dans le four Martin l'affinage s'effectue par oxydation du métal à l'air ambiant. Le four électrique fonctionne quelquefois en "duplex" en affinant de l'acier liquide obtenu par le procédé Thomas.



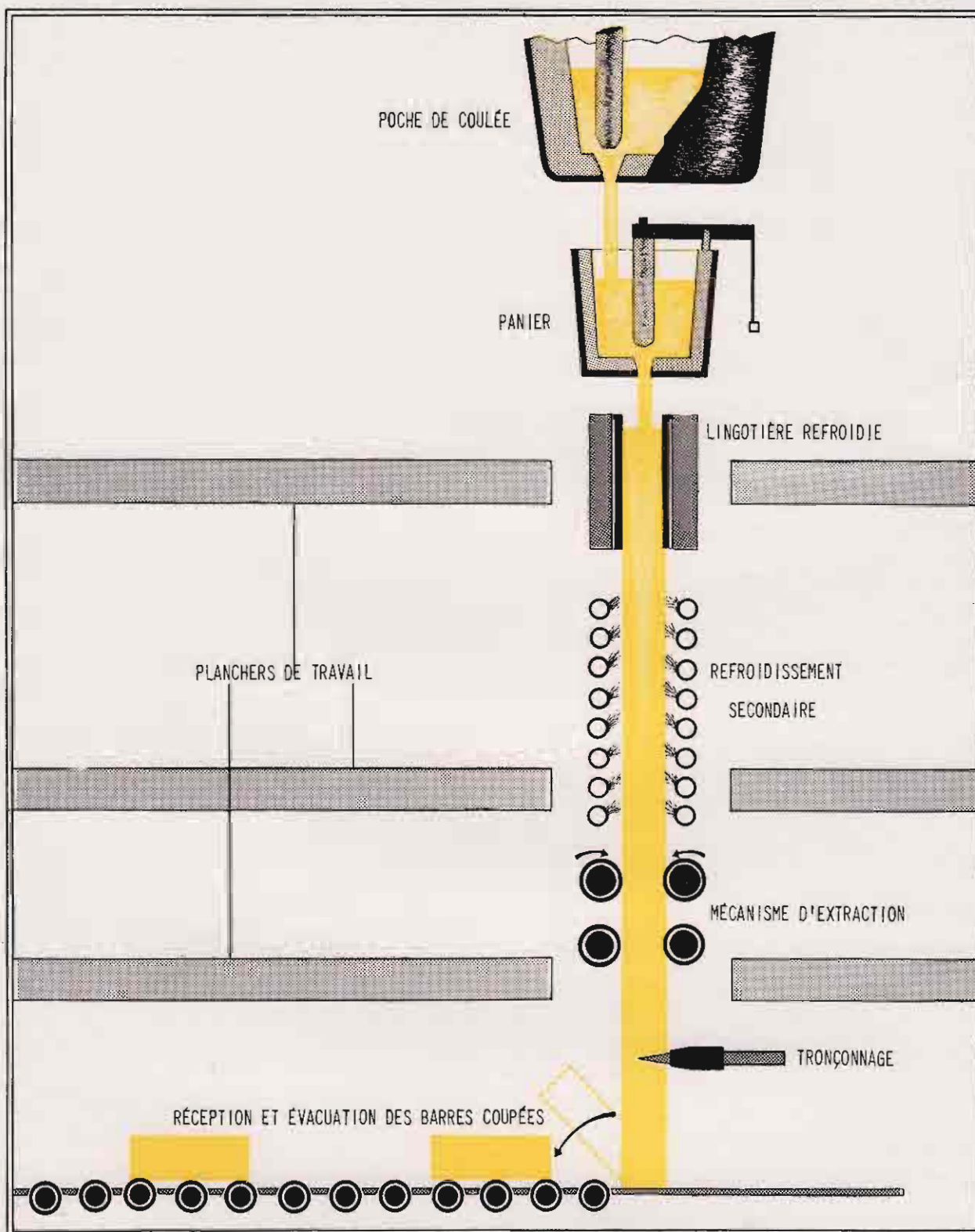
COULÉE DE L'ACIER AU FOUR ÉLECTRIQUE

Photo la Photothèque

9 % environ de la production française sont élaborés au four électrique. On voit ici un four électrique de 80 - 90 tonnes surmonté de ses électrodes, à la fin de l'opération au moment de la coulée.

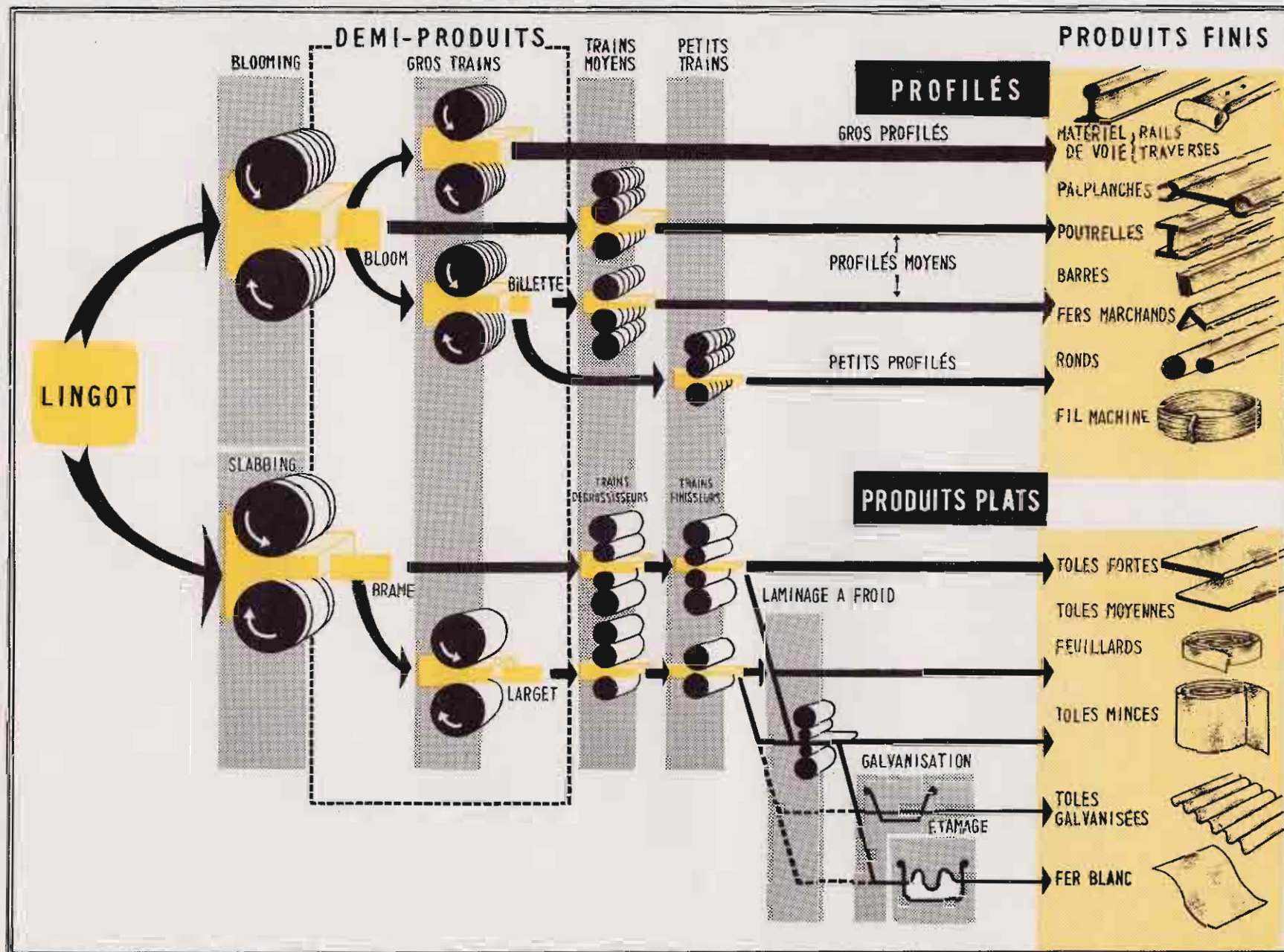


A sa sortie du convertisseur ou du four, l'acier contenu dans de grandes poches est coulé dans des lingotières, moules en fonte aux parois épaisses. Une fois solidifiés, les lingots - dont le poids s'échelonne de quelques kilos à plus de 20 tonnes - sont démoulés et dirigés vers les laminiers. Une partie de l'acier qui n'est pas laminée, est traitée dans les forges - sous forme de gros lingots dépassant souvent 100 tonnes - ou dans les fonderies d'acier.

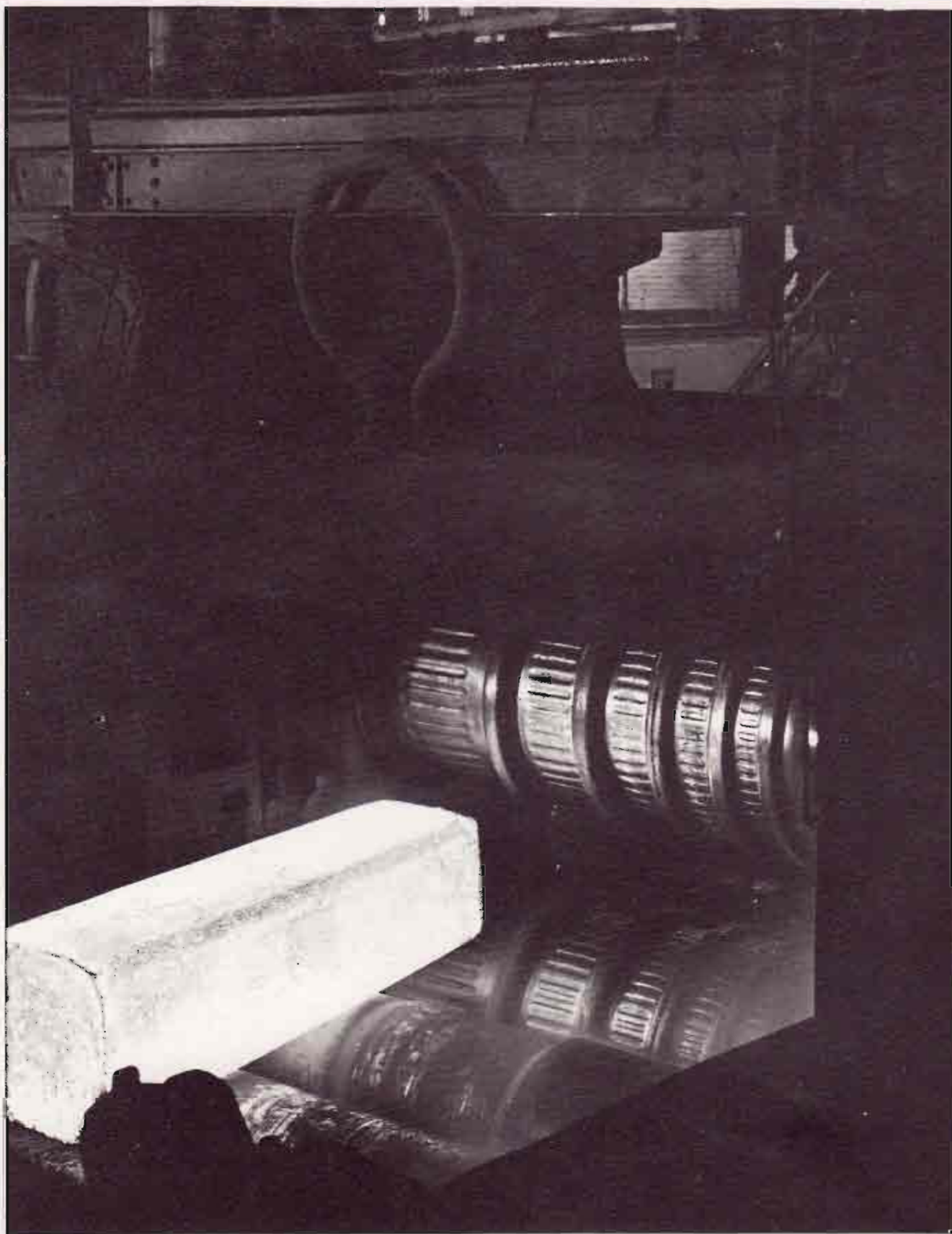


LA COULÉE CONTINUE

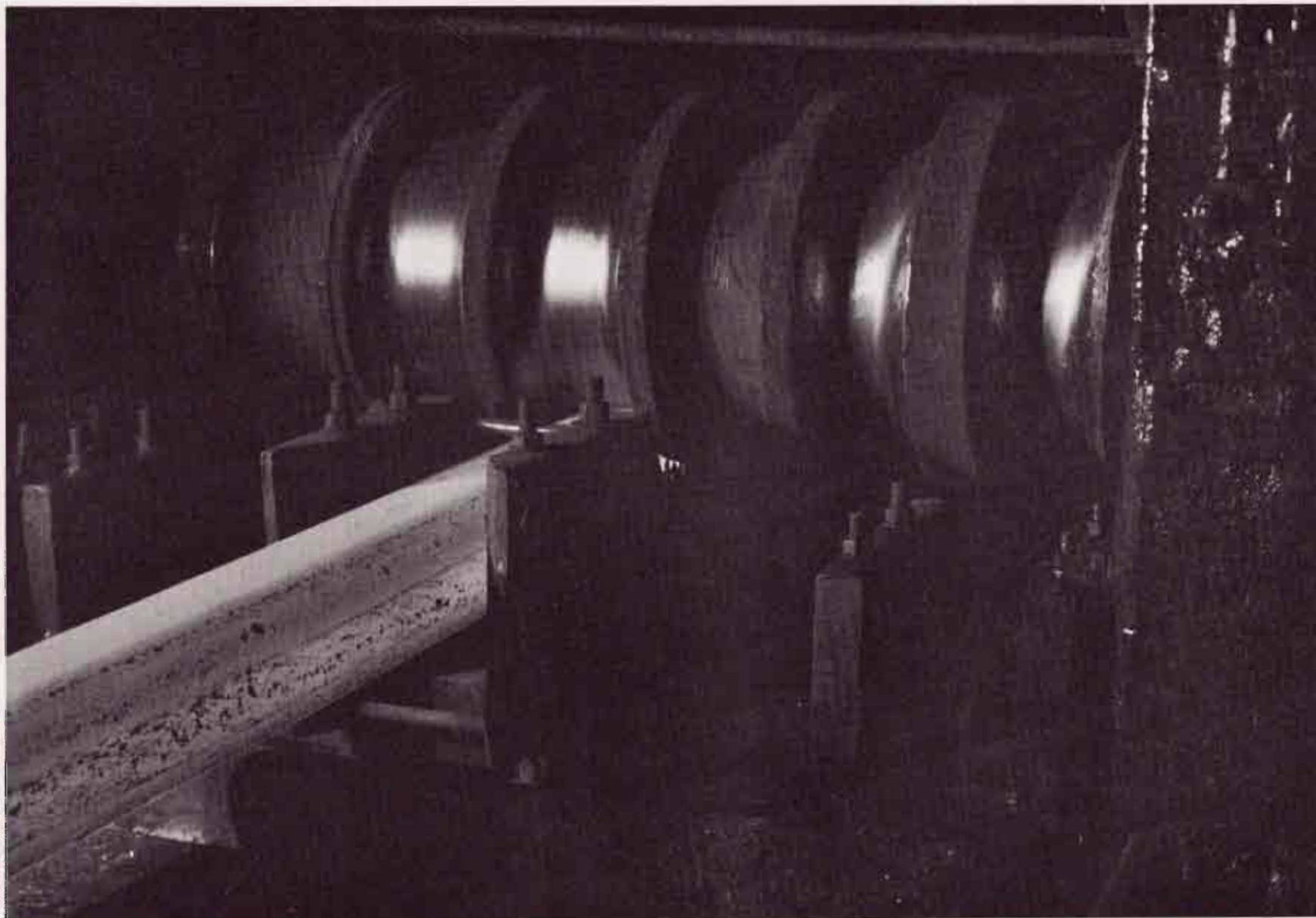
La coulée continue est un nouveau procédé qui se développe rapidement. Il permet d'obtenir directement à partir de l'acier liquide, des demi-produits tels que bloom, brame, billette ou gros rond, supprimant ainsi le premier stade du laminage. L'opération consiste à couler l'acier liquide dans une lingotière en cuivre, violemment refroidie, dont le fond est amovible. Quand le premier métal coulé est solidifié sur les bords, il est tiré vers le bas par un jeu de rouleaux qui met ainsi en marche le mécanisme de la coulée continue. En bas de l'installation qui mesure de 10 à 25 mètres de haut, la barre complètement solidifiée est découpée en tronçons de la longueur désirée.



Après réchauffage, le lingot traverse les "cages" successives du laminoir où il est écrasé par des cylindres qui lui donnent progressivement la forme et l'épaisseur désirées : cylindres lisses pour les produits plats, à cannelures pour les "profilés". Le laminage à froid permet de réduire encore l'épaisseur de certaines tôles en leur conférant des qualités physiques particulières.



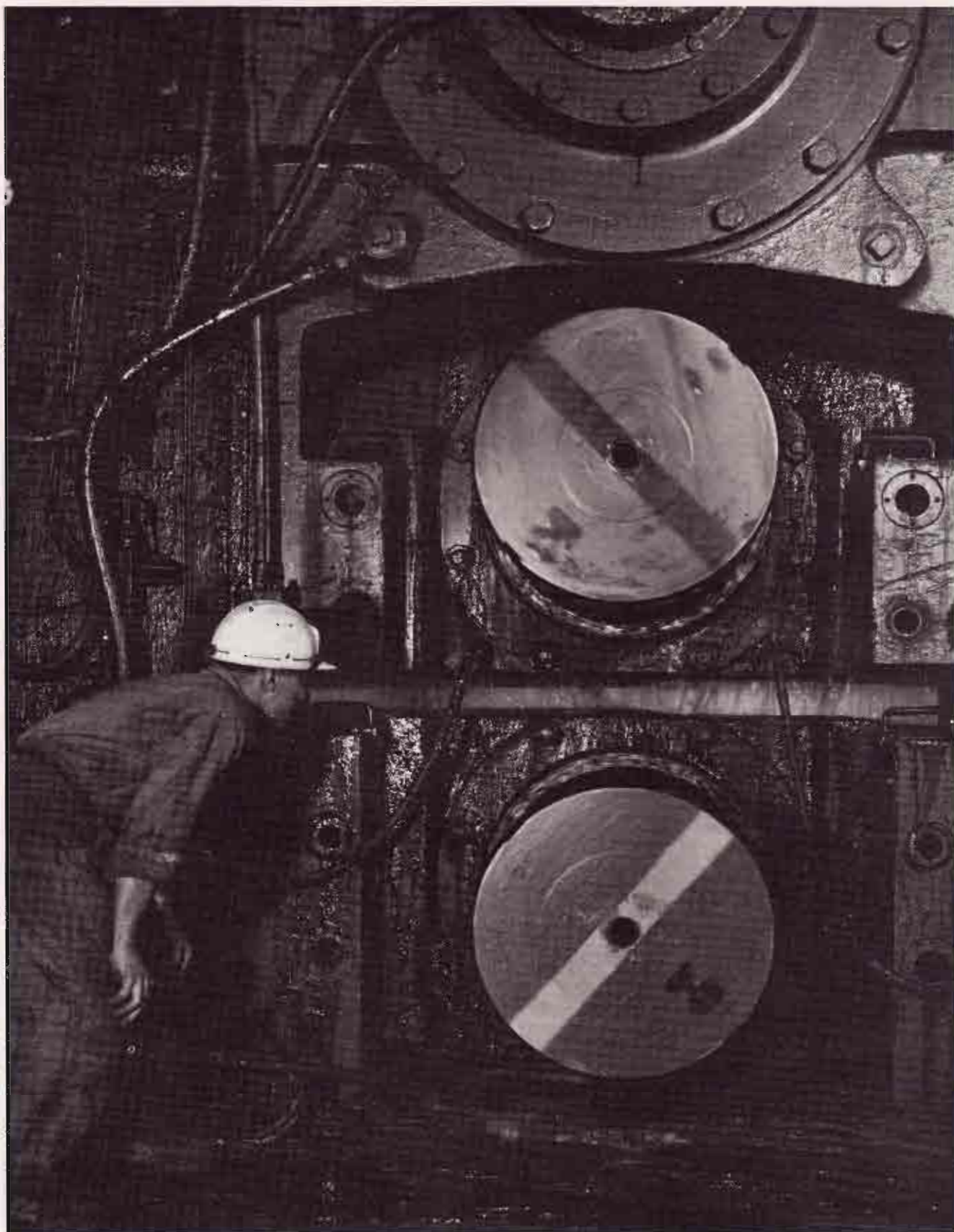
Ecrasé dans un gros laminoir appelé blooming-slabbing, à une température d'environ 1.200° , le lingot est transformé en bloom lorsqu'il s'agit d'aboutir à un profilé, ou en brame quand on veut obtenir un produit plat; le blooming porte alors le nom de slabbing. Les brames, après réchauffement, servent à faire des tôles fortes, moyennes ou minces, sur des trains appropriés.



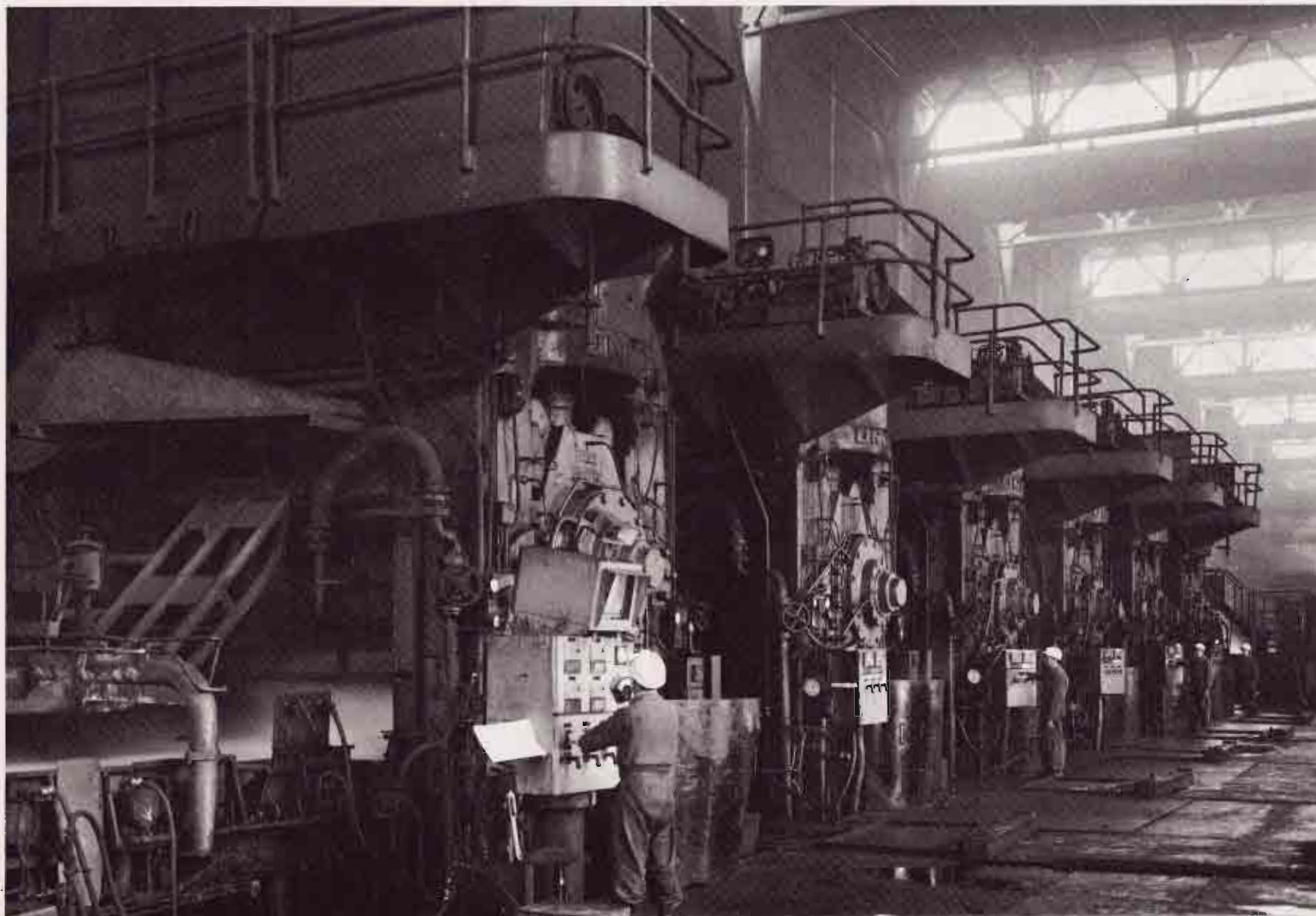
LAMINAGE DE GROS RONDS POUR TUBES

Photo Lacheroy

On voit ici les cylindres d'un train à gros ronds avec leurs cannelures. A partir des blooms, les gros trains produisent des billettes ou des gros profilés : rails, cornières, gros ronds; les trains moyens transforment les blooms en profilés de moindre dimensions. Les petits trains partent de billettes pour produire des petits ronds, de petites cornières, du fil machine, des feuillards.



La photographie montre l'écrasement de la brame entre les cylindres d'une cage dégrossisseuse. Le métal doit traverser plusieurs cages dégrossisseuses avant de pouvoir être envoyé dans les cages finisseuses qui les transformeront en tôle moyenne ou fine.



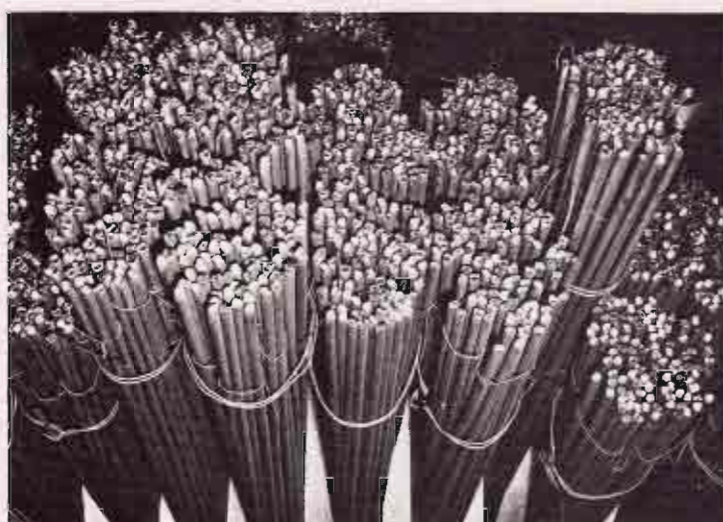
GROUPE DES CAGES FINISSEUSES D'UN TRAIN DE LAMINAGE CONTINU A CHAUD

Photo Lacheroy

Les trains continus à larges bandes permettent de répondre d'une façon massive à l'accroissement de la demande en produits plats. Ils assurent la fabrication des tôles dans des conditions d'automatisme extrêmement poussées. Ils sont constitués pour l'essentiel de 10 cages en ligne pouvant transformer une brame de 10 à 20 cm d'épaisseur, de 150 cm de large et de 5 m de long en une bande de tôle dont l'épaisseur minimum peut atteindre 1,2 mm et la longueur 200 à 300 m sur une largeur maximum de 185 cm.



Fil machine



Ronds à béton



Rails



Gros ronds



Billettes



Cornières



Tôles minces en feuilles



Feuillards



Tôles fortes



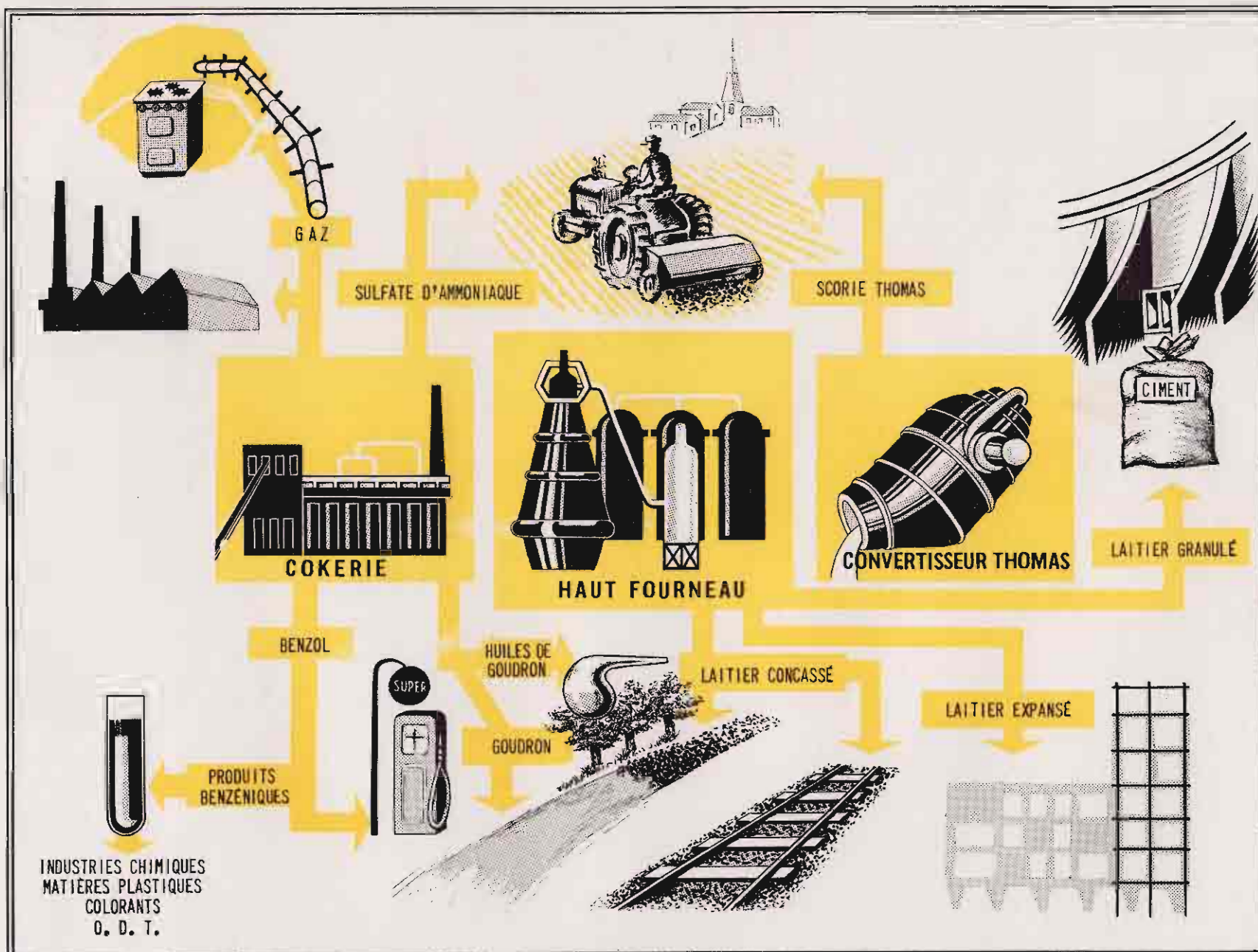
Palplanches



Tôles minces en bobines



Poutrelles

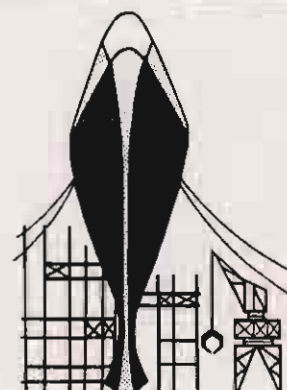


LES SOUS - PRODUITS

L'élaboration du coke, de la fonte et de l'acier donne des sous-produits qui sont récupérés. La sidérurgie recherche sans cesse de nouveaux débouchés en utilisant ces produits comme matières premières pour de nouvelles fabrications. Ces sous-produits offrent pour le pays un intérêt économique indiscutable.



Equipement domestique



Chantiers navals



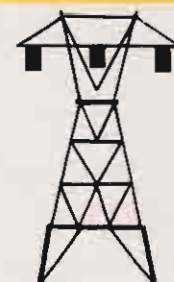
Chemins de fer



Véhicules automobiles
et tracteurs



Construction
et industrie du bâtiment



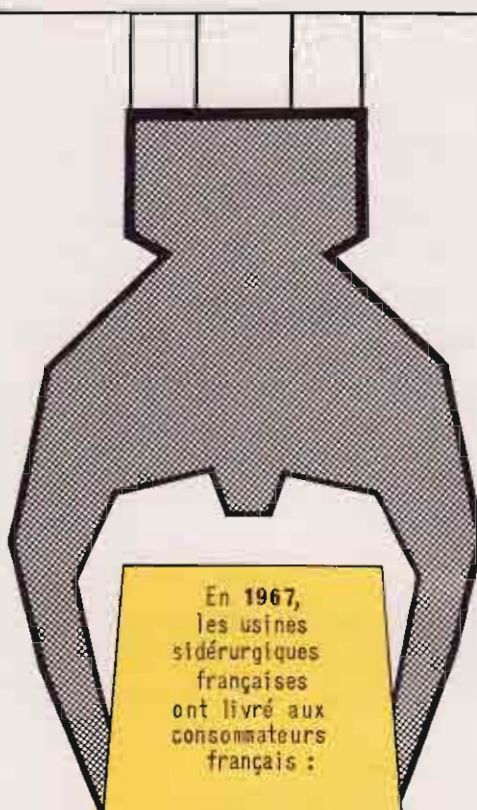
Industries mécaniques
et électriques



Industrie de la première transformation
de l'acier (tubes, étirés, tréfilés)



Marchands de fer



En 1967,
les usines
sidérurgiques
françaises
ont livré aux
consommateurs
français :

8.921.000 tonnes
d'aciers courants

1.122.000 tonnes
d'aciers fins et spéciaux
et 323.000 tonnes
de fer blanc

soit au total plus de
10.367.000 tonnes
d'acier laminé
livrés sur le marché intérieur
dont :

1.8%

1.-%

4.3%

9.5%

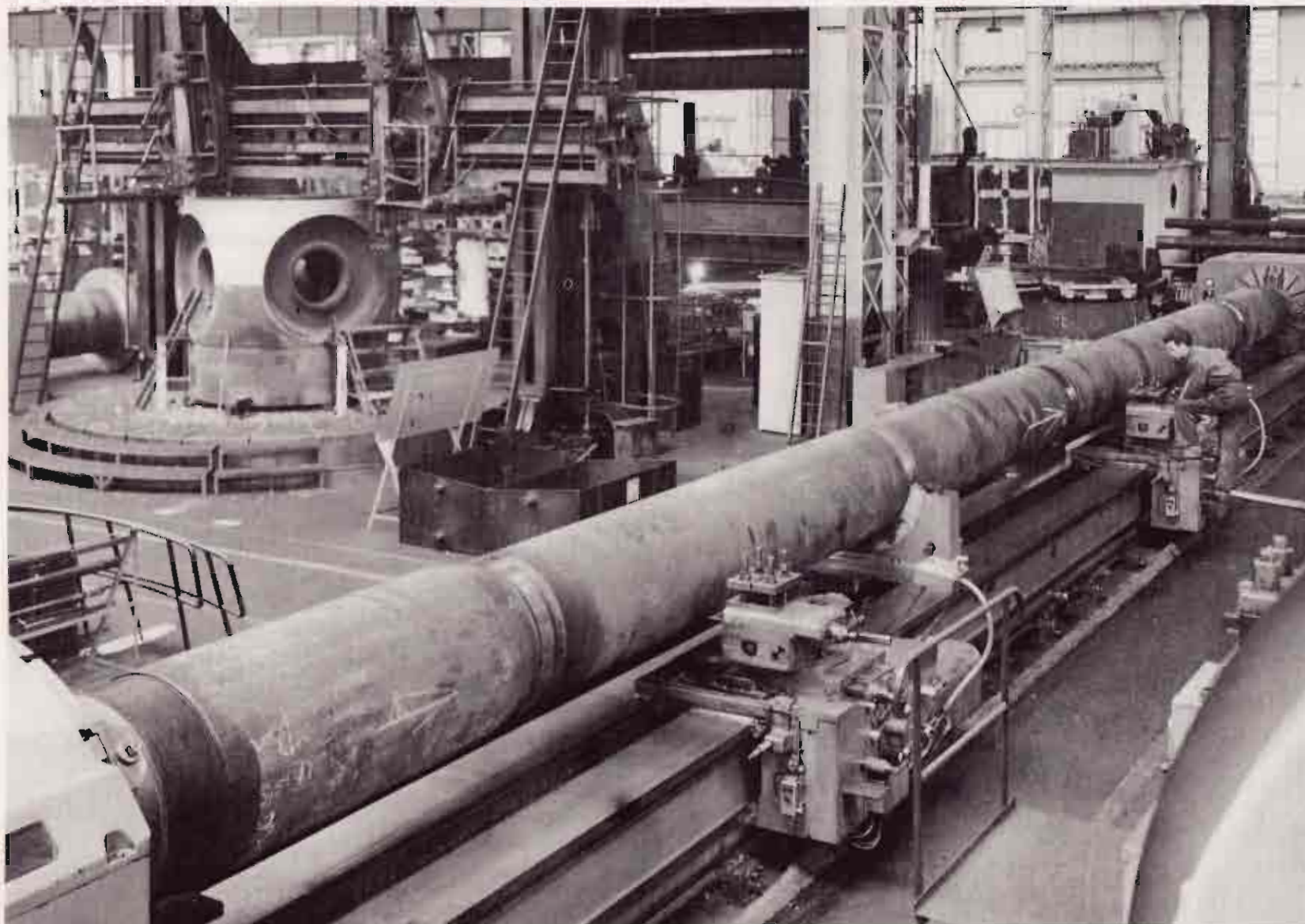
8.5%

13.3%

26.3%

29.1%

6.2%
Divers



CONSTRUCTION MECANIQUE, ELECTRIQUE, ETC...

L'acier est un des principaux matériaux dans lesquels sont façonnés les divers éléments qui entrent dans la composition des appareils inventés par l'homme et destinés à l'extraction des matières premières, à la transformation des produits bruts, à la production d'énergie, à la manutention, aux transports, etc... Les machines-outils, les matériels électriques, les moteurs du plus puissant au plus léger utilisent largement l'acier. Leurs diverses parties fixes ou mobiles, et spécialement celles qui doivent résister au choc, à l'usure, à l'effort, sont faites de ce métal dont les caractéristiques mécaniques restent inégalées.

L'évolution des techniques de fabrication et d'alliage a, d'autre part, permis d'obtenir des aciers dits "spéciaux" dont la dureté, l'élasticité, la résistance sont sans commune mesure avec les aciers dits "courants". C'est avec les premiers que l'on fait les outils qui transforment, façonnent, travaillent les seconds.



L'intérêt de l'utilisation de matériaux métalliques dans la construction a été mis en évidence dès la fin du XIX^e siècle par l'ingénieur Eiffel, auteur de la fameuse tour Eiffel. Cette technique s'est, depuis, largement développée. Actuellement, l'acier est utilisé non seulement pour constituer les ossatures de bâtiments destinés à l'habitat, à l'usage industriel, agricole ou scolaire, mais encore pour la fabrication des parois extérieures ou intérieures de ces bâtiments. Ainsi, les "murs-rideaux", dont la technique représente un des derniers progrès en matière d'architecture, sont constitués d'éléments préfabriqués en tôle d'acier revêtue ou inoxydable, qui sont accrochés à l'ossature du bâtiment. C'est cette technique ultra-moderne qui a permis l'édification en un temps record de l'ensemble prestigieux de l'aérogare d'Orly.



Cliché S.N.C.F.

LES CHEMINS DE FER

Les deux objectifs principaux des constructeurs de matériels ferroviaires sont, à l'heure actuelle, d'une part, d'obtenir une bonne résistance à la corrosion par l'air et par l'eau d'un matériel exposé aux intempéries de manière presque permanente, d'autre part, d'en réduire le poids sans en diminuer la capacité et la résistance.

Pour les voitures et wagons, l'emploi de l'acier inoxydable ou de l'acier au cuivre a répondu à cette double préoccupation. De même un allègement sensible et une robustesse plus grande ont été obtenus par l'utilisation de profils formés à froid pour les carcasses et d'éléments en tôles embouties assemblés par soudure pour les boggies.

En ce qui concerne le matériel de traction, tel la locomotive française détentrice du record du monde de vitesse sur rail, c'est l'allègement qui, parallèlement à l'accroissement de la puissance, est le fait vraiment marquant des cinq dernières années. Ainsi, tandis que la puissance moyenne passait de 2.500 CV à plus de 3.000 CV, le poids diminuait de 50 %. Un tel résultat a été rendu possible non seulement par des modifications dans leur conception, mais aussi grâce à l'emploi d'aciers spéciaux aux caractéristiques mécaniques de plus en plus élevées.

Notons que sur cette photo, en dehors du paysage, à peu près tout est en acier, depuis les poteaux catenaires de la ligne électrique jusqu'aux balustrades qui bordent la voie en passant par les rails, le train lui-même, les câbles porteurs de la ligne, etc.



Cliché C.S.S.F.

ROUTES

En France, les 80.000 kilomètres de routes nationales et les 270.000 kilomètres de routes départementales ainsi que les nombreuses voies vicinales constituent un réseau routier des plus denses avec 120 km de voies par 100 km². Cependant, le développement de la circulation automobile, l'augmentation de la vitesse des véhicules et de leur poids ont rendu nécessaire la modernisation de cet ensemble et particulièrement de 15.500 km de routes, dites "grands itinéraires". Dans ce programme de modernisation, l'acier est appelé à jouer un rôle toujours plus grand, que ce soit pour contribuer à accroître la **sécurité de l'usager** sous forme de "glissières de sécurité" de "potelets de délimitation" des chaussées, d'installations d'éclairage et de signalisation, de systèmes de franchissement à plusieurs niveaux, etc... ou pour accroître son **confort** sous la forme de stations de ravitaillement et de dépannage ou d'installations diverses conçues pour le repos et la détente du conducteur au cours d'une longue étape.



EQUIPEMENT DOMESTIQUE

Les lignes nettes, les surfaces lisses, inattaquables, faciles à nettoyer, l'aspect robuste et fonctionnel des éléments métalliques qui meublent cette cuisine ultra-moderne illustrent les très larges possibilités de l'acier dans le domaine des arts ménagers. Ce métal ne sert pas seulement à la fabrication des multiples appareils et ustensiles, depuis le réfrigérateur jusqu'à la casserole en passant par l'évier et le couteau à viande, qui viennent, chaque jour dans un plus grand nombre de foyers, faciliter le travail de la maîtresse de maison; il sert également pour le conditionnement des produits que celle-ci utilise quotidiennement pour l'alimentation de sa famille, pour l'entretien et l'embellissement de son intérieur, pour les soins de son jardin. C'est en effet le fer blanc, mince feuille d'acier recouverte d'une couche d'étain, qui est employé pour la confection des boîtes qui permettent de conserver les produits alimentaires, pharmaceutiques, chimiques etc...

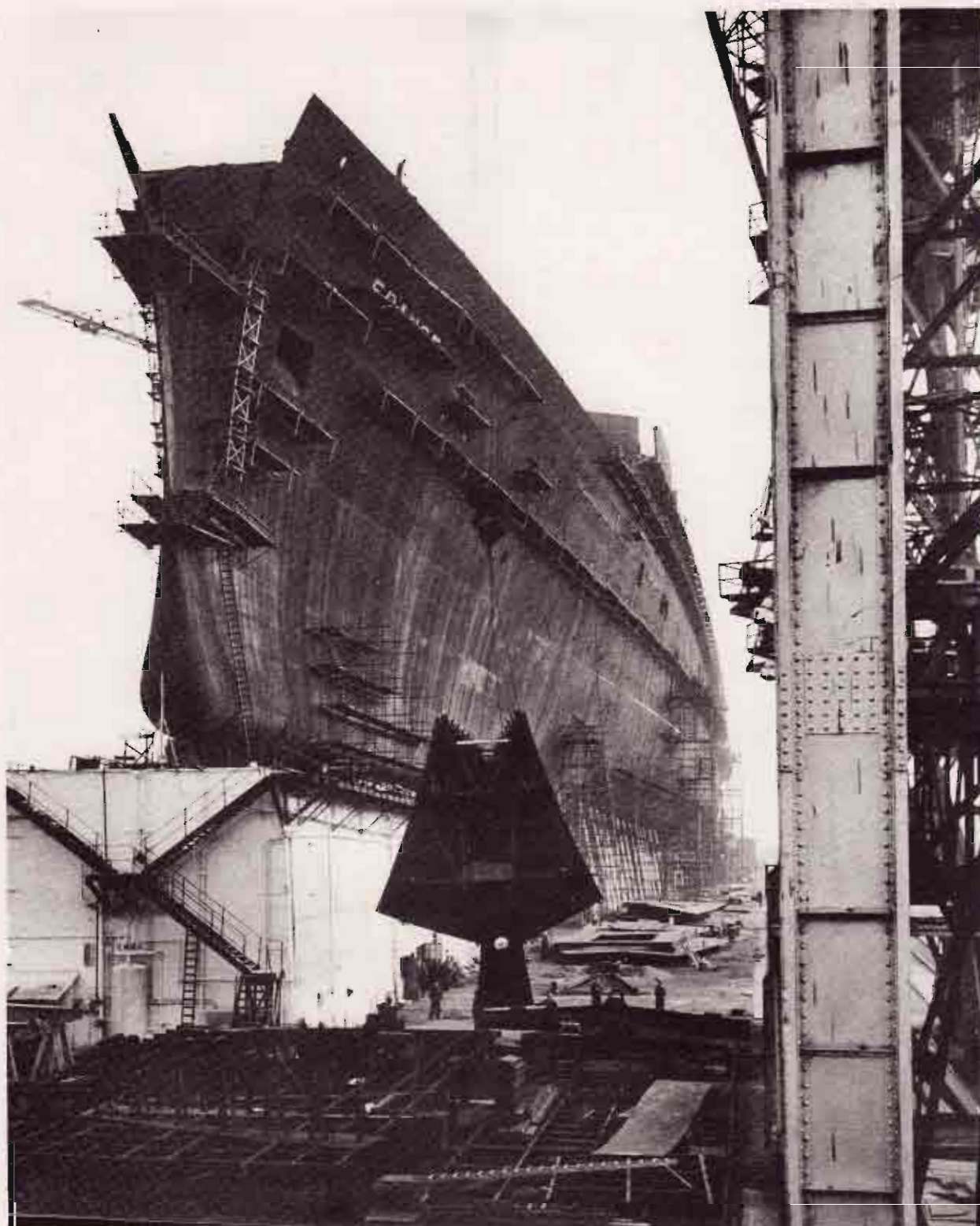


L'INDUSTRIE DU TUBE

Ce sont les industries énergétiques qui absorbent les tonnages de tubes les plus importants, que ce soit pour la prospection, la production, le raffinage ou le transport de leurs produits. C'est ainsi que dans l'industrie du pétrole, des tubes sans soudure à haute résistance sont utilisés pour le forage des puits, tandis que les conduites de pétrole, de produits raffinés, de gaz sont en tubes soudés de grand diamètre.

Le bâtiment est également un gros consommateur de tubes en acier, principalement pour le chauffage central et pour amener l'eau ou le gaz dans les maisons. A noter que, lors de la construction, l'échafaudage en tubes d'acier est un outil très apprécié qui a pris presque complètement la place de l'échafaudage en bois. Au surplus, le tube d'acier est devenu, complémentirement à la poutrelle, un profil de construction très intéressant, en particulier pour les ossatures et charpentes légères.

Dans le secteur agricole, le tube d'acier, de même que le tuyau de fonte, est de plus en plus employé pour la constitution de réseaux d'irrigation ; il entre également dans la composition d'un grand nombre de machines agricoles et d'installations intérieures.

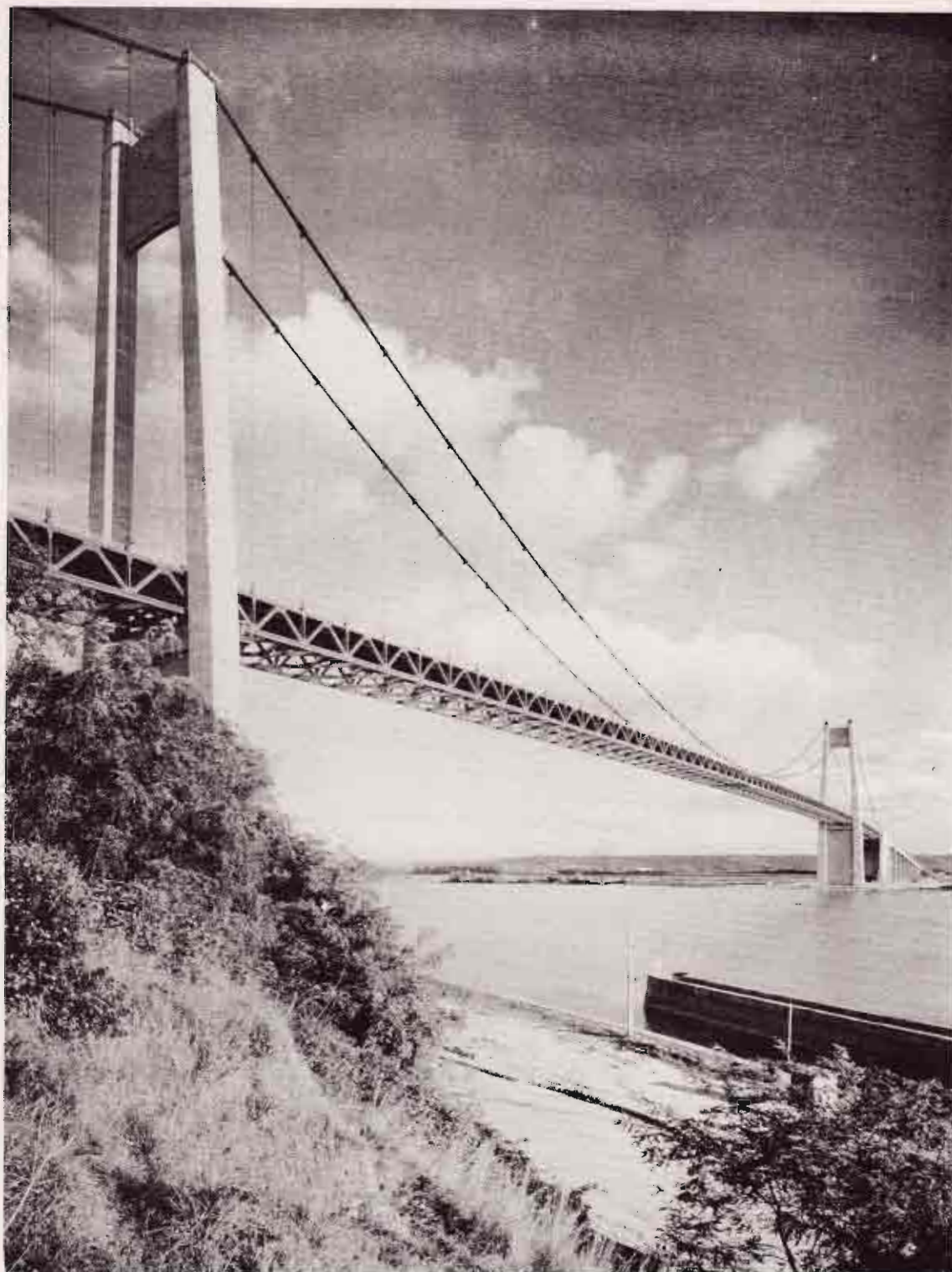


Depuis le siècle dernier, le fer puis l'acier ont remplacé le bois dans la construction du gros œuvre des navires d'une certaine importance, qu'il s'agisse de l'ossature ou de la coque. Dans le domaine des superstructures, également, l'acier est de très loin le matériau principal. Tel a été d'ailleurs le cas pour le paquebot France, récemment mis en service : sa coque avec sa charpente intérieure représentent à elles seules 25.500 tonnes d'acier, dont 20.500 tonnes d'acier/coque et 5.200 tonnes d'acier à haute limite d'élasticité; et si l'on ajoute à ce tonnage celui des diverses parties mécaniques, celui des aménagements intérieurs, celui des objets de service, on obtient un poids total d'acier proche de 80% du poids total du navire.

Notons que, pour la construction, on a fait un large appel à la préfabrication. L'ensemble de la coque a en effet été monté par éléments de 40 à 70 tonnes, assemblés préalablement au sol.



Le machinisme agricole symbolise le progrès, et c'est à juste titre, puisque son développement a permis d'accroître le rendement des terres et de pallier la diminution de la main-d'œuvre. L'ensemble des matériels en usage dans l'agriculture moderne est réalisé à proportion d'environ 90% à partir de produits en acier. Et en effet, qu'il s'agisse de tracteurs, de machines fixes ou mobiles, de bâtiments, partout on retrouve ce métal sous forme de pistons, d'engrenages, de roues, de socs, de tabliers, de toitures, de silos, de remises, de tuyauteries, de fils, de barrières et d'innombrables outils et mécanismes qui viennent faciliter et rendre plus efficace le travail de l'agriculteur.



Pour la construction du pont de Tancarville, on a utilisé 19.000 tonnes d'acier dont environ 14.000 tonnes d'aciers courants et plus de 5.000 tonnes d'aciers spéciaux à haute résistance. La technique moderne de construction métallique évolue d'ailleurs d'une manière générale vers l'emploi d'aciers à caractéristiques élevées, de la soudure et du préassemblage. Ceci est particulièrement vrai dans les travaux de génie civil, qu'il s'agisse de la construction des ponts, barrages, ports, écluses, aqueducs, tunnels, pylones, etc... De même pour la construction en béton armé, on emploie actuellement des barres d'acier ordinaire à surface rugueuse ou du treillis soudé, ou encore du fil d'acier trempé ou des câbles en acier à haute résistance s'il s'agit de béton précontraint. A Tancarville, c'est à ces techniques qu'il a été fait appel pour la construction des viaducs d'accès et des piliers de soutien du tablier, lequel est lui-même constitué d'une charpente métallique en poutrelles d'acier, rendues semi-rigide par l'entrecroisement des éléments.