

Au Larla, il y avait du fer (18 mars 2024)

Une dizaine de randonneurs se retrouvent à **Ossès**, entre la chocolaterie et le point « **G...** » du village... Puis, soucieux de gagner un peu d'altitude, nous nous dirigeons « *en voiture* » après avoir traversé la Nive, vers le village de **Saint Martin d'Arrossa**, plus précisément dans le quartier « **Eyharce** » et suivons une rue étroite et pentue pendant plusieurs kilomètres...



Nous nous arrêtons juste après la dernière maison habitée (côte 263). Là un onzième randonneur retardé nous rejoint in extremis en « *Taxi-Midy* ». Nous voici ensuite partis, après les premières explications de notre érudit accompagnateur, **Henri**.



Nous sommes en effet sur un site d'exploitation minière et ceci mérite quelques informations... Nous prenons à droite à la première bifurcation, évitant ainsi de poursuivre tout droit vers une propriété privée...



Nous nous élevons ensuite, sous la houlette de notre guide, sur un petit chemin évident. Contrairement aux prévisions météorologiques, de beaux rayons de soleil apparaissent, nécessitant une onction immédiate de crème solaire... Après un regroupement, nous poursuivons sur l'itinéraire fléché, vers le point de vue « **Haritzondo** ».



Un peu plus haut, sous le **Larla** qui nous domine, nous parvenons à une belle bâtisse rénovée, nommée « **Harotzakoborda** ». Henri, passionné de toponymie, tente une hypothèse sur l'origine du nom de cette bergerie : « **Arrotz = étranger** » ou « **Arotz = forgeron** » ?... Peut-être les deux, puis que les forgerons de l'époque étaient des étrangers, des celtes en l'occurrence... « *Les mots racontent souvent l'histoire des hommes* » en conclut notre ami...



Nous sommes en fait au cœur de très anciennes mines de fer et il est difficile d'imaginer l'activité intense ayant eu lieu il y a plus de deux mille ans en cet endroit aujourd'hui paisible....



L'atelier Harotzainekoborda

Les recherches archéologiques ont révélé qu'au Ier siècle ap. J.-C. un atelier métallurgique était installé sur le col Harotzainekoborda.

L'atelier était un site de plein air, dont l'espace de travail était doté de modestes constructions sur poteaux en bois. Il comportait un bas fourneau dans lequel les métallurgistes anciens produisaient du fer et un foyer d'affinage qui servait à épurer le métal brut.

Le site produisait du fer affiné mais aucun objet n'était façonné sur place. Le métal produit sur Larla était acheminé vers des forges pour la fabrication d'objets en fer (outils, armes, clous, couteaux...).

On estime que 18 tonnes de déchets métallurgiques, des scories, ont été produites sur le site Harotzainekoborda, qui correspondent à environ 6 tonnes de fer.

60 ateliers de ce type ont été découverts, dispersés sur les flancs de Larla. 2000 tonnes de fer auraient été fabriquées sur la montagne entre le IIIe siècle av. J.-C. et le IIIe siècle ap. J.-C.

Harotzainekobordako lantegia

Arkeologia ikerlanek Harotzainekobordako lepoan, K.a I mendean metalurgia lantegi bat bazela erakutsi dute.

Kanpoan plantatua zen lan tokia, zurezko zutoinen gainean ziren eraikin xume batzuz osatua zen.

Metalurgistek burdina ekoizteko baliatzen zuten labe apal bat eta metal gordinaren arazteko finketa labe bat aurkitzen ziren bertan.

Lantegi hartan burdin findua ekoizten zen baina ez zen deus lekuan berean moldatua. Larlan ekoiztu metala aroztegietara igorria zen burdinezko objektuak fabrikatzeko (tresnak, armak, ganibetak, itzeak...)

Harotzainekoborda deitu lekuan, 18 tona metal hondar (eskoriak), ekoiztuak izan direla pentsatzen da, hots 6 tona burdin.

Larlako mendí mazeletan holako 60 tailer aurkituak izan dira. K.a III. mendearen eta K.o III. mendearen artean 2000 tona burdin ekoiztuak izan direla pentsa daiteke.

L'endroit est tout à fait propice pour une brève halte assortie de douceurs sucrées, que nous mettons à profit pour en apprendre un peu plus sur l'exploitation du minerai de fer au début de notre ère.



À immédiate proximité, au col de **Larrango** (côte 582), nous découvrons un somptueux panorama, à l'ouest, sur les crêtes d'**Iparla** et les montagnes environnantes aux noms évocateurs de nos précédentes aventures... : **Ispéguy**, **Buztanzelhay**, **Astate**, **Toutoulia**... Les appareils-photo sont de sortie et la discussion s'animent sur le repérage des différents sommets, le logiciel « **PeakFinder** » est mis à contribution...



Rebroussant chemin près de la rebaptisée « **A(r)rotzakoborda** »..., nous nous dirigeons ensuite au-dessus de celle-ci vers le sommet du **Larla** en évitant la crête, un peu scabreuse, lui préférant un large chemin, plus sûr, sur le flanc ouest. Là, des vestiges beaucoup plus récents et datant du siècle dernier, sont présents, imperceptibles car souterrains, à part une ruine bientôt envahie par la végétation : nous sommes, sans le savoir, sur la mine d'**Ustelegi** !

la mine d'Ustelegi Ustelegiko meategia
XIXe et XXe siècles

Profil en long de la mine d'Usteleguy. MINEs DE LARLA
La mine d'Ustelegi en 1910
Plan Archives Nationales

Éch. 1/1000^{ème}
Le 11 Mars 1910
Touvers-Banos 375⁰⁰

Alignement souterrain Pas d'affaissements

Les mines modernes
Aux premières mines de l'Âge du Fer et de l'Antiquité succèdent d'imposants travaux miniers souterrains modernes.
Au cours de la Renaissance, entre 1610 et 1785, au XIXe siècle et au début du XXe siècle l'exploitation du filon de Larla se poursuit. Les techniques minières évoluent peu à peu, l'activité s'organise et s'intensifie.
Lors de la dernière période d'exploitation, de 1895 à 1914, la mine dite d'Ustelegi, dans le ravin de Larraburu (en contrebas du chemin), est particulièrement importante.

Ici, le filon de sidérite est exploité par la méthode des chambres magasins : trois niveaux horizontaux sont tracés, débouchant en surface vers les installations de transport, puis une série de cheminées verticales est percée au plafond de ces trois galeries. Les zones circonscrites par les galeries et les cheminées sont ensuite abattues en remontant, les mineurs travaillant debout, sur le minerai abattu. Lorsque le volume de minerai stocké dans la chambre est assez important, il est évacué par le biais d'une trémie ouverte à la base de la chambre.

Meategi modernoak
Burdin Aroko eta Antzinaroko meategietarik landa, lurpeko meatez-obra moderno handiak abiatzen dira.
Mea zainaren obrak segitzen dira Errenazimantuan, 1610 eta 1785a artean, XIX. mendean eta XXgarrenaren hastapenean.
Meataritze teknikak hemeki hemeki aldatzen dira, lana antolatzen da eta areagotzen.
1895a eta 1914a arteko azken obretan, Larraburuko erroitzan (mendebaldean) den Ustelegiko meategia, bereziki garrantzitsua da.
Hemen, siderita mea zaina "ganbera" metodoarekin landua da : hiru lerro horizontal eginak dira, garraio instalazioari lotuak azalean eta hainbat kebidetik bertikalak ziztuak hiru galeria horien goiko-zoruan.
Galeriek eta kebidetik mugatzen dituzten tokiak lurreratuak dira lgan arau, meataririk xutik, ar diralarik lanean, mea eraltsiaren gainean.
Ganbaran nahiko mea metatua denean, kanporatua da, ganbara azpian den kobaina ideki bati esker.



Sur le chemin menant au **Larla** que nous apercevons au nord, nous bifurquons à 180° vers le sud sur une large piste, pour retrouver la crête et découvrir un paysage inattendu à l'ouest, s'étendant sur l'intégralité du piémont basque.



L'endroit est confortable, baigné de lumière et peu venté (côte \approx 600). Aussi, vu le retard pris en début de journée, nous décidons de renoncer à l'ascension finale du fameux **Larla** (côte 705) qui nous domine, tout proche... Nous posons les bâtons, consultons les messages, vidons les sacs et nous installons au soleil pour le pique-nique.



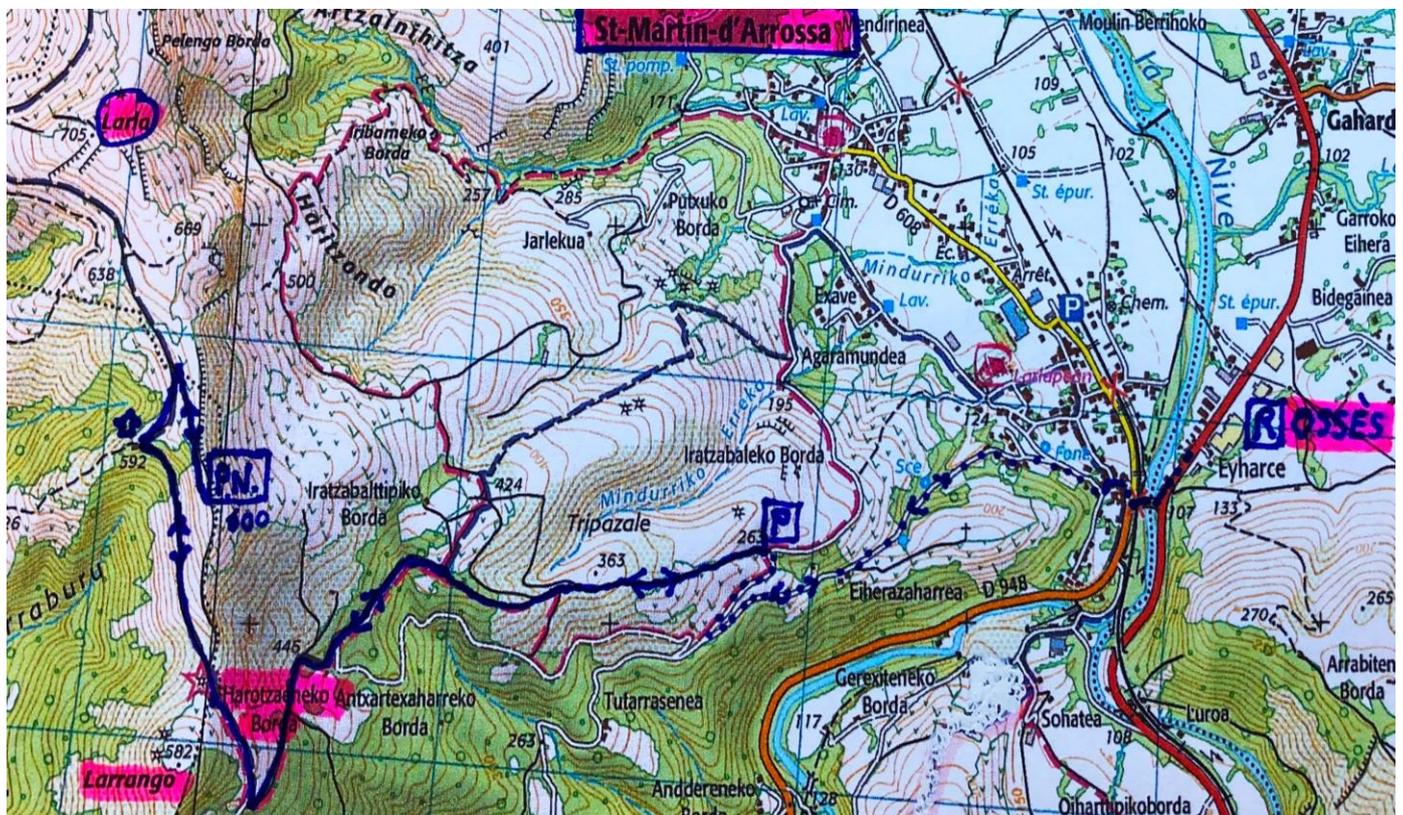
À l'issue de celui-ci, nous rejoignons doucement nos véhicules, par le même chemin qu'à l'aller...

La journée se termine par un très agréable rafraîchissement ensoleillé, en terrasse, à **Bidarray**.



Distance : 9 km

Dénivelé : \approx 400 m



Suppléments pour les férus d'érudition…

« Il y a des hauts et des bas… »

Bas fourneau

Le **bas fourneau** est un four à combustion interne qui a servi, au début de l'âge du fer et jusqu'au Moyen Âge, à transformer le minerai de fer (hématite, limonite, etc.) en fer métallique par réduction directe.

Sommaire

Historique et terminologie

- Formes primitives
- Bas fourneaux tardifs

Description

Limites du bas fourneau

Bas fourneaux dans le monde

Voir aussi

Notes et références

- Notes
- Références

Liens externes



Fabrication de fer dans un bas fourneau au Moyen Âge.

Historique et terminologie

Formes primitives

Le terme « bas fourneau » s'est répandu par opposition au haut fourneau^{note 1} quand celui-ci a été inventé. Contrairement à ce que son nom semble souligner, ce n'est pas la hauteur qui le distingue du haut fourneau puisqu'il existait des bas fourneaux plus hauts que les hauts fourneaux^{note 2}, mais sa température. Leur différence essentielle tient au produit obtenu : le bas fourneau est un fourneau à loupe, obtenue par réduction directe, par opposition au fourneau de coulée obtenue par fusion.

Dans sa forme la plus primitive, on appelle « bas foyer » le bas fourneau consistant en un trou dans le sol d'environ 30 cm de diamètre, rempli de charbon de bois et de minerai. Le feu est souvent attisé au moyen d'un soufflet en peau. Au bout d'environ dix heures, on en tire une loupe incandescente de la taille du poing, grossier mélange de fer plus ou moins réduit et de scories^{note 3}.

L'évolution vers le bas fourneau plus efficace a consisté à surélever la construction et à munir sa base d'une ouverture latérale pour l'alimentation en air. Une courte cheminée facilite le rechargement du four pendant son fonctionnement, tout en activant le tirage. Des températures de 1 000 à 1 200 °C sont ainsi atteintes et les scories, devenues liquides, peuvent être extraites par l'ouverture^{note 4}.

La loupe est d'abord nettoyée et éventuellement séparée en morceaux de qualité comparables. Elle est ensuite cinglée, par martelage répété, afin de retirer la scorie et de rendre le métal homogène. Elle est ensuite quand même des inclusions de scories dans la matrice métallique. Après ce long processus on obtient un bloc de métal qui pourra être mis en forme par le forgeron pour fabriquer outil (soc de charrue, serpe, cerclage de roue…) ou arme.



Bas fourneaux de Bandjéli, au Togo (fin du XIX^e siècle, début du XX^e siècle).



Bas fourneau expérimental en pierres prêt à être chargé.



Bas fourneau expérimental après ouverture de sa base et enlèvement de la loupe.

Limites du bas fourneau

Le bas fourneau transforme le minerai en une masse de fer spongieuse, la loupe. En effet, d'après le diagramme d'Ellingham, la réduction des oxydes de fer est possible à partir de 900 °C, alors que le point de fusion du fer pur est de 1 535 °C. La réduction sans fusion du métal, plus économique au niveau énergétique, présente cependant de nombreux inconvénients :

- la réduction ne s'opère efficacement qu'en surface du produit, qui est alors chimiquement très hétérogène ;
- la séparation entre la gangue du minerai et le métal est très difficile ;
- l'accès au fer nécessite la démolition du fourneau.

La gangue du minerai, partiellement réduite au cours de la réaction, devient une masse de scories. Certains minerais présentent la possibilité de générer des scories suffisamment liquides pour qu'une partie puisse s'écouler hors du fourneau. Dans d'autres cas, une addition de fondant, comme la castine, peut favoriser l'écoulement des scories.

La loupe, chimiquement hétérogène et très chargée en impuretés, doit être longuement cinglée par le forgeron pour obtenir un métal de qualité. Homogénéiser la teneur en carbone et chasser les impuretés requiert un savoir-faire complexe : c'est ainsi que certains forgerons se sont bâtis des renommées qui ont traversé les siècles, comme au Japon.

Les températures nécessaires à la fusion du fer qui permet l'évacuation sous forme liquide du fer et des scories, ainsi que leur séparation par décantation, est essentiellement due au débit d'air injecté dans le four. Lorsque le soufflage d'air est réalisé mécaniquement, notamment grâce à l'utilisation de l'énergie hydraulique, la température de fusion du fer peut être atteinte de façon régulière. C'est le haut fourneau, que les Anglais appellent « *blast furnace* », c'est-à-dire *four à air insufflé*, par opposition à « *bloomery* », qui se réfère à la masse métallique obtenue^{note 4}.

Un bas fourneau peut donc atteindre la température de fusion du fer à cause d'un souffleur trop énergique ou d'un débit d'air mal réglé, produisant de la fonte brute qui est alors jugée comme un défaut de production. Très cassante, elle est d'une utilisation limitée, voir inutile pour la fabrication

La teneur en fer de ces scories diminue lorsque la température augmente. On attise alors le feu renforçant le tirage naturel par augmentation de la hauteur en adossant, par exemple, la construction à un talus. De même, des soufflets permettent une alimentation en air plus efficace et mieux contrôlée. Ces « bas fourneaux à tirage naturel » et « à soufflets »^{note 5} produisent une loupe pesant d quelques kilos à plusieurs quintaux au bout de 4 à 20 h.

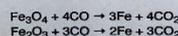
Bas fourneaux tardifs

Le bas fourneau est, pendant tout le Moyen Âge, un procédé nomade, qu'on édifie en fonction de affleurements de minerai et de la disponibilité du combustible³ mais, au début du XIII^e siècle, de fourneaux plus efficaces apparaissent. Ceux-ci, en utilisant l'énergie hydraulique pour souffler l'air de combustion, deviennent plus gros et valorisent mieux le combustible. Ces « fours à masse » sont de bas fourneaux dont la cuve est conservée : l'extraction de la loupe se fait par une grande ouverture à la base du four. Un exemple abouti de ce type de four est le *Stückofen*^{note 3,4}, de section carrée et maçonné, qui s'élève à 4 m au Moyen Âge, jusqu'à atteindre 10 m au XVIII^e siècle pour ceux de Vordernberg en Styrie, alors un centre de production de fonte d'Europe centrale⁵. Capable d'atteindre des températures de l'ordre de 1 600 °C, ces fours pouvaient fondre partiellement ou totalement le métal. Appelés dans ce dernier cas *Flussofen* (c'est-à-dire « fours à fondre »), ce sont d'authentiques hauts fourneaux produisant de la fonte en fusion⁶. Cette évolution, du bas fourneau vers un four à masse si élaboré qu'il peut produire de la fonte en fusion, se produit en Europe en divers endroits, du XI^e siècle au XV^e siècle³.

Mais si le procédé indirect, c'est-à-dire la conversion de la fonte en acier, permet la production d'une grande quantité de métal, l'activité devient très capitaliste, les outils sont peu flexibles et les besoins en bois et en minerai, ainsi que la disponibilité de l'énergie hydraulique sont critiques. En 1671, les bas fourneaux de Putanges, en Normandie, sont vendus en bloc pour 500 livres, pour être remplacés par un haut fourneau loué 1 200 livres par an⁷. Cette contrainte explique la survivance de bas fourneaux perfectionnés, comme la forge catalane qui, en France ne disparaît qu'au début du XX^e siècle, lorsque le procédé Thomas se généralise⁸. De même, les premiers colons américains ont utilisé la forge catalane, beaucoup moins complexe à construire que des hauts fourneaux et les forges associées, pour l'affinage de la fonte que ceux-ci produisent⁹. Dans le sud des États-Unis, ce procédé a survécu jusque vers le milieu du XIX^e siècle¹⁰.

Description

Le bas fourneau se présente comme une cheminée de taille humaine (un ou deux mètres de haut) et briques et en terre cuite, dans laquelle on dispose en alternance une couche de minerai de fer et une couche de charbon de bois. Lorsque l'on met le feu, le charbon de bois produit du monoxyde de carbone (gaz CO) qui vient réduire le minerai : le fer est présent dans le minerai sous forme oxydé Fe₃O₄ ou Fe₂O₃, par réaction avec le CO, il se forme du fer :



Le tirage du fourneau est assuré soit par ventilation naturelle, soit par des soufflets, généralement manuels. Les impuretés qui accompagnent le minerai forment la scorie ou laitier qui s'écoule au bas du fourneau ou dans une fosse ménagée en dessous de sa base (« fourneaux à cuve » à usage unique).

Dans le bas du fourneau s'accumule un solide spongieux, composé de métal et de scorie, que l'on appelle « loupe » ou « massiau ». Le métal obtenu par ce procédé est très hétérogène. La loupe peut être composée de fer et d'acier contenant de 0,02 % à 2 % de carbone.

d'outils ou d'armes, qui est l'objectif principal des efforts fournis. La fonte brute nécessite en effet

d'être refondue pour brûler son carbone et autres impuretés par des procédés technologiques plus complexes comme la forge d'affinage, et plus tard le puddlage ou le procédé Bessemer, afin de produire de l'acier.

Bas fourneaux dans le monde

En Afrique, les premiers bas fourneaux remontent à 2500 av. J.-C. Les populations originaires du Sahara notamment les Noks connaissaient déjà cette technique.

En Europe, les premiers bas fourneaux sont apparus vers 1200 av. J.-C. Si les premiers bas fourneaux ne produisaient guère plus d'un kilogramme de fer par campagne, ceux-ci grossirent jusqu'à être capable d'atteindre une quinzaine de kilos.

L'usage de l'énergie hydraulique dans de gros fours est attesté, notamment dans certains monastères en France et en Suède dès le début du XIII^e siècle⁶. Des documents comptables prouvent aussi son utilisation en Angleterre en 1408¹⁰, ou dans la forge catalane. Dans ces configurations, la loupe peut alors atteindre 300 kg, et si de hautes températures sont possibles jusqu'à atteindre la fusion du métal, le procédé reste volontairement « froid ». En effet, l'accroissement de température, en favorisant la diffusion du carbone du charbon de bois dans le fer, produirait une fonte qu'on ne sait encore pas bien décarburer.

L'Asie exportait, à partir de centres de productions situés en Inde et en Ouzbékistan, des lingots de wootz, un acier obtenu par affinage d'une loupe produite dans un bas fourneau, qui est ensuite refondue dans un creuset hermétiquement fermé : c'est l'acier au creuset.

Au Japon, l'acier japonais traditionnel, le *Tamahagane*, était produit dans un *tatara*, un bas fourneau dont l'évolution s'est faite par un accroissement de la surface, sans augmentation de la hauteur. La faible hauteur du *tatara* s'explique par l'utilisation de sable ferrugineux comme minerai, qui n'offre qu'une faible perméabilité gazeuse au chargement du four¹¹.

Voir aussi

- Tatara
- Forge catalane
- Stückofen
- Haut fourneau
- Histoire de la production de l'acier

Sur les autres projets Wikimedia :
Bas fourneaux (<https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Bloomeries?uselang=fr>), sur Wikimedia Commons
Réaliser un bas fourneau, sur Wikibooks

Notes et références

Notes

- Le terme « bas fourneau » est donc un rétronyme technologique.
- Par exemple, dans le Sauerland, au XIII^e siècle, sont apparus de petits hauts fourneaux, qui ont évolué directement à partir du bas fourneau sans passer par le *stückofen*. Cette particularité est due à la présence de silice, et surtout d'oxyde de manganèse(II) et d'oxyde de potassium, dans le minerai. Ces éléments, présents naturellement dans des proportions particulières, facilitent la fusion du fer et du laitier¹.
- Littéralement le « four à morceau (de fer) ».
- Le terme « *bloomery* » se réfère donc au bloom. Mais en français, le mot bloom désigne

Haut fourneau

Vous lisez un « article de qualité ».

Pour les articles homonymes, voir Fourneau.

Un **haut fourneau**^{note 1} est une installation industrielle destinée à simultanément désoxyder et fondre les métaux contenus dans un minerai, par la combustion d'un combustible solide riche en carbone. En général^{note 2}, le haut fourneau transforme du minerai de fer en fonte liquide, en brûlant du coke qui sert à la fois de combustible et d'agent réducteur. Bien que la fonte produite soit un matériau à part entière, cet alliage est généralement destiné à être affiné dans des aciéries.

Le haut fourneau produit de la fonte en fusion, par opposition au bas fourneau, qui produit une loupe de fer solide. Il en est pourtant une évolution directe, mais il ne s'est généralisé que lorsqu'on a su valoriser la fonte produite. Ainsi, la Chine développe dès le ¹^{er} siècle l'usage du haut fourneau en même temps que la fonderie. L'Occident ne l'adopte qu'après le ¹¹^e siècle, avec la mise au point des méthodes d'affinage de la fonte en acier naturel. C'est là qu'il évolue vers sa forme actuelle, la généralisation du coke et du préchauffage de l'air de combustion contribuant à la première révolution industrielle.

Devenu un outil géant, sans que son principe fondamental ne change, le haut fourneau est maintenant un ensemble d'installations associées à un four. Malgré l'ancienneté du principe, l'ensemble reste un outil extrêmement complexe et difficile à maîtriser. Son rendement thermique et chimique exceptionnel lui a permis de survivre, jusqu'au début du ²⁰^e siècle, aux bouleversements techniques qui ont jalonné l'histoire de la production de l'acier.

Qu'il soit « cathédrale de feu » ou « estomac »^{SF 3}, le haut fourneau est aussi un symbole qui résume souvent un complexe sidérurgique. Il n'en est pourtant qu'un maillon : situé au cœur du processus de fabrication de l'acier, il doit être associé à une cokerie, une usine d'agglomération et une aciérie, usines au moins aussi complexes et coûteuses. Mais la disparition de ces usines, régulièrement annoncée au vu des progrès de l'aciérie électrique et de la réduction directe, n'est pourtant toujours pas envisagée.



Photo panoramique d'une coulée au Haut fourneau 2 de Dąbrowa Górnicza (Pologne). La disposition de l'appareil, au centre d'une halle circulaire, est typique des hauts fourneaux soviétiques.