BALADE MÉTALLIQUE

cahier théorique

Ce cahier résulte de la collaboration entre le laboratoire GEMME, Réjouisciences (la cellule de diffusion des sciences et des technologies de l'Université de Liège) et l'asbl Art&fact (association des historiens de l'art, archéologues et musicologues de l'Université de Liège). Ce projet de balades participe à la mise en valeur des connaissances, de la démarche scientifique et au dialogue entre sciences, patrimoine et société.

Juin 2022 - ISBN 978-2-931046-11-1 - Photo de couverture © Aloys Beguin
Auteurs : Thomas Beyer, Jean Housen, Eric Pirard, Manon Vanheesbeke, Isabelle Verhoeven.
Éditeur responsable : Réjouisciences (ULiège).
Conception graphique © Nomade - www.nomade-studio.be.
Le présent cahier bénéficie du soutien financier de RM@Schools

BALADE MÉTALLIQUE

GEMME • RÉJOUISCIENCES • ART&FACT

Du métal en ville ?
Un mot sur le projet

Du métal en ville ?!? Des balades vous invitent à découvrir de manière didactique et active des métaux mis en œuvre par des architectes et des artistes. Au fil du temps et du patrimoine urbain, la promenade oscille entre métal et métallurgie, entre procédés traditionnels et innovations, entre histoire, art et technique. Selon les étapes du parcours et les métaux sélectionnés, ces contextes sont évoqués ou détaillés.

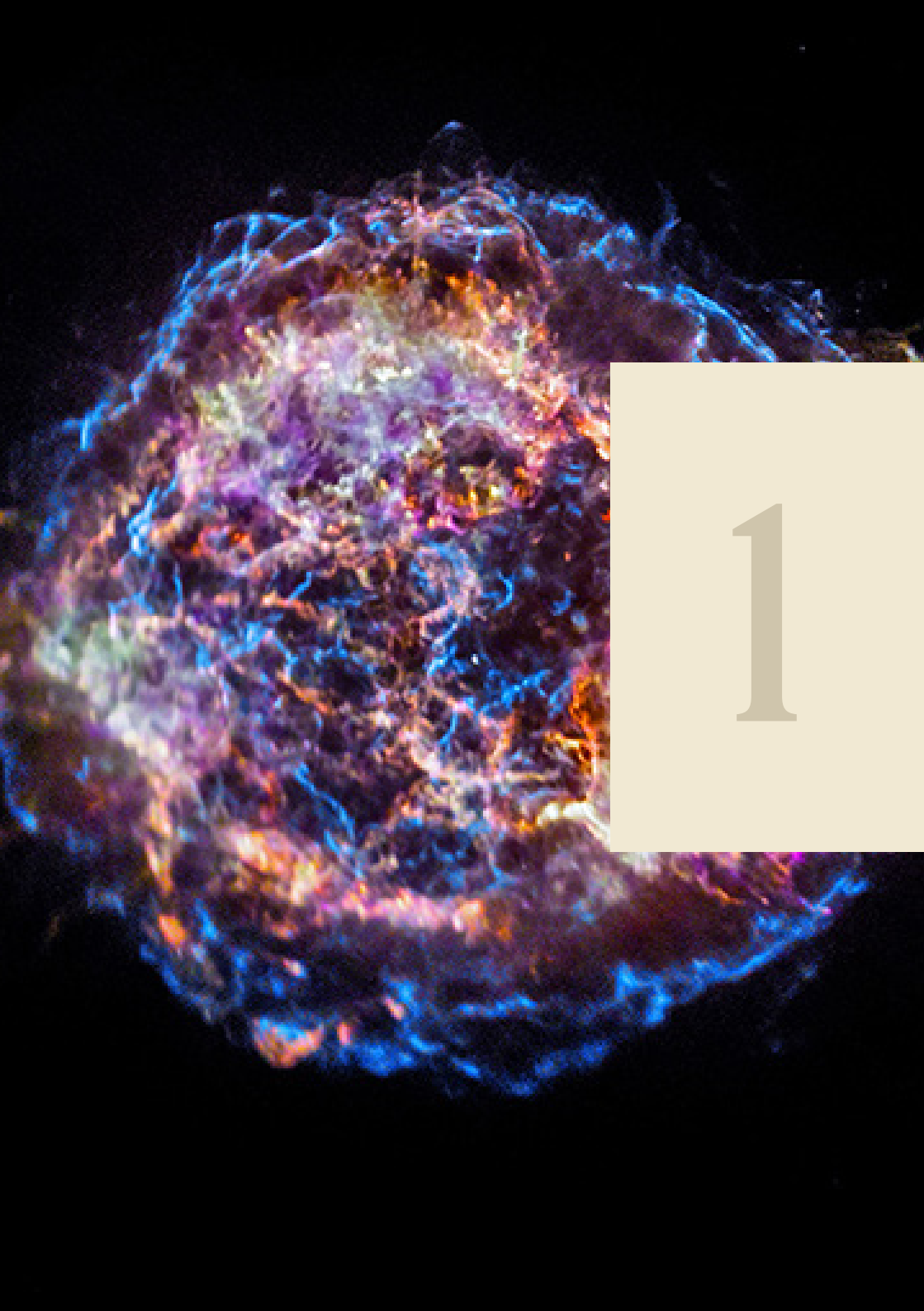
Les objectifs de cette publication sont variés. Observer notre patrimoine sous des angles diversifiés, celui de l'aventure industrielle qui caractérise Liège et ses environs depuis le XVI^{e} siècle, celui des techniques de pointe qui de tout temps hissent les praticiens, les chercheurs et autres « inventeurs » dotés de savoir-faire, d'audace et de ténacité, au rang des pionniers et de l'avant-garde. Découvrir l'histoire autrement, au départ de la richesse de notre sous-sol, de l'ingéniosité et de la maîtrise de célébrités, parfois discrètes ou oubliées, dont certains noms de rues rappellent le souvenir. Se familiariser avec un vocabulaire scientifique qui permet d'obtenir une compréhension approfondie de l'histoire industrielle et du patrimoine. En filigrane ou en surligné, à vous de voir, ... les préoccupations de l'écologie et de l'économie circulaire qui deviennent des enjeux essentiels dans notre société.

Observer, toucher, lever un coin de voile sur la métallurgie au départ d'un environnement riche et varié : c'est la proposition de ce carnet, précieux compagnon de balade.

Bonne lecture, bonne balade et belles découvertes...

TABLE DES MATIÈRES

1	DÉCOUVRIR LES MÉTAUX	5
1.1	UNE HISTOIRE DE LA DÉCOUVERTE DES MÉTAUX	6
1.2	MÉTAUX : UNE HISTOIRE INDUSTRIELLE À LIÈGE	16
2	LEXIQUE	25
3	POUR ALLER PLUS LOIN	33



1

partie 1

DÉCOUVRIR LES MÉTAUX

1.1
UNE (BRÈVE) HISTOIRE DE LA DÉCOUVERTE DES MÉTAUX

A. Pas si rares

Même si nous n'en avons pas conscience, les métaux sont omniprésents dans le sol sur lequel nous marchons. Certains sont particulièrement abondants comme le silicium (33%), l'aluminium (8%), le fer (3%) et même le titane (0,4%), d'autres sont au contraire présents en quantités infimes comme l'or (1 millième de gramme par tonne) ou encore plus rares comme le tellure, l'osmium, le lutétium, etc.

Certains métaux peuvent être présents dans l'environnement naturel à l'état natif comme l'or ou l'argent, mais d'autres sont beaucoup plus discrets car ils forment systématiquement des composés, appelés minéraux, avec des éléments comme l'oxygène ou le soufre.

Les formules minéralogiques peuvent être bien plus complexes et la présence des métaux bien plus discrète encore comme pour les fameuses "terres rares" qui forment une famille d'éléments présents dans la monazite (Ce,La,Nd,Th) PO4 , ou se cachent anonymement dans un minéral banal comme l'apatite Ca5(PO4)3(OH,Cl,F).

Quelques oxydes courants : Hématite [Fe2O3] ; Gibbsite [Al(OH)3] ; Cassitérite [SnO2] ; Ilménite [FeTiO3] …

Quelques sulfures courants: Galène [PbS] ; Sphalérite [(Zn,Fe) S] ; Chalcopyrite [CuFeS2] ; Pentlandite [(Ni,Fe)9S8] …

En réalité, ces terres rares ne sont pas rares du tout mais bien cachées et très difficiles à dissocier les unes des autres. Pas étonnant dès lors qu'il ait fallu attendre le début du XX^{e} siècle pour en compléter l'inventaire !

Les minéraux les plus brillants, les plus colorés et les plus aisés à travailler ont attisé la curiosité des hommes dès le néolithique (âge de l'agriculture et de l'élevage). Ils ont été à la base des premiers pas de la métallurgie grâce à la découverte, probablement accidentelle, de la transformation

des oxydes en métaux éclatants. Pour plusieurs d'entre eux, la fusion et la réduction pouvaient se faire à des températures relativement basses (700°C-1000°C) atteintes occasionnellement dans des fours domestiques.

B. Les sept piliers de la civilisation

La découverte et l'utilisation des métaux sont étroitement liées à la naissance et au développement des civilisations humaines. Dès le passage du paléolithique (âge de la chasse, de la pêche et de la cueillette) au néolithique, vers -10 000 ans, les conditions sont prêtes pour la découverte et l'usage des métaux : les humains ont besoin d'outils plus solides que ceux que leur donne la nature (leurs mains avec ses doigts, des branches d'arbres, des os, des pierres plus ou moins cassantes…). L'évolution technique étant d'abord très lente, il faut quand même quelques milliers d'années avant de voir apparaître des premières « solutions » métalliques.

La date exacte de découverte par les humains des principaux métaux reste approximative. Leur utilisation va se répandre dans le monde avec des vitesses variables. Ils apparaissent pour la plupart en Mésopotamie, un des foyers de la civilisation.

Si aujourd'hui, 91 métaux sont repris dans le tableau périodique des éléments, seuls sept d'entre eux étaient connus et isolés avant 1735. On les a appelés les « 7 piliers de la civilisation » : l'utilisation des métaux est en effet très étroitement liée aux progrès techniques qui ont permis le développement des civilisations. Le nom de certaines époques évoque clairement leur maîtrise des métaux : « Âge du bronze », « Âge du fer ».

Jusqu'au XVIII[e] siècle, la vision de l'Univers relève plus d'une poétique que de la science. Cet art remonte à l'Antiquité où il était habituel d'établir des correspondances entre des éléments très diversifiés du réel perçu par l'être humain (les planètes, les dieux, les tempéraments, les matériaux, etc.). Cette vision du monde a fait l'objet d'une conception très systématique chez les alchimistes du Moyen Âge. C'est sur cette base que fonctionne la théorie de la transmutation des métaux : par une succession de transformations, liées à la physique des matériaux et à l'état psychique du praticien, il serait possible de passer d'un métal à l'autre, et ainsi à la fabrication de l'or pur. Ce « beau rêve » s'est effondré avec les progrès de la science, et la découverte progressive de la nature des métaux, tant chimique que physique, et d'une vision plus correcte du réel.

Les sept métaux de l'Antiquité

Les sept métaux connus dans l'Antiquité ont longtemps été associés aux sept jours de la semaine et aux sept corps célestes principaux visibles dans le ciel. La correspondance, au travers des symboles alchimiques, va bien au-delà de la simple apparence. Mars n'est pas seulement associée au fer parce qu'elle est la planète rouge. Mars est aussi le dieu de la guerre, celui qui incarne l'esprit viril et a besoin d'armes en fer forgé pour mener ses conquêtes. Le cuivre, métal enjôleur changeant de couleur selon ses alliages, est quant à lui associé à la beauté féminine et tout naturellement identifié à Vénus. Martial, vénérien, lunatique ou jovial trouvent aussi leurs racines dans cette curieuse alchimie des humeurs. Remarquez que dans certains cas, le nom du jour exprimé en anglais ou néerlandais trahit plus explicitement le lien avec l'astre ou le dieu.

Dimanche Sun day	Lundi Moon day	Mardi	Mercredi	Jeudi- Thor's day	Vendredi	Samedi Saturn day
Soleil	Lune	Mars	Mercure	Jupiter	Vénus	Saturne
☉	☽	♂	☿	♃	♀	♄
OR	ARGENT	FER	MERCURE	ÉTAIN	CUIVRE	PLOMB

L'OR

L'or est le métal jaune par excellence. Sa brillance l'identifie tout naturellement à l'éclat du soleil. Il est trouvé à l'état natif dans des roches ou des alluvions. Il est facilement malléable et peut être transformé en fils ou en très fines lamelles de quelques microns. Sa fusion est relativement aisée (1064°C).

Les plus anciens objets découverts datent de 6000 av. J.-C. Les plus emblématiques sont les monnaies frappées en 600 av. J.-C. par le roi de Lydie dont la richesse était proverbiale (être riche comme Crésus). Il est vrai que son royaume était traversé par le fleuve Pactole et que, aujourd'hui encore, cette région de Turquie (Sart Cayi, Izmir) est connue pour ses mines d'or.

Saviez-vous que nos régions étaient réputées à l'époque de César pour leur richesse en or ? En 2000, des historiens amateurs ont d'ailleurs mis à jour près de la Baraque de Fraiture des galeries de mine de l'époque celtique et des haldes (résidus d'exploitation) riches en or !

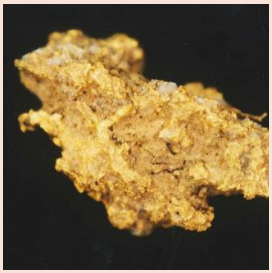
LE CUIVRE

Le cuivre est un métal de couleur rouge orangée qui peut se trouver à l'état natif dans la nature, mais apparaît surtout sous forme de sulfures (chalcopyrite) et d'une série de minéraux très colorés comme la malachite, l'azurite, la ténorite, etc.

La métallurgie du cuivre s'est développée plus de 5000 ans avant notre ère. Des galeries de mines ont été identifiées à Ai Bunar dans l'actuelle Bulgarie et plusieurs objets (haches, grattoirs,..) témoignent de la maîtrise des artisans. Le point de fusion du cuivre est à 1085°C. La source de cuivre la plus connue dans l'antiquité est l'île de Chypre, laquelle a d'ailleurs donné son nom au métal (*aes cuprum*). Le métal y était coulé sous forme de lingots à la forme très caractéristique évoquant la peau de chèvre.

Une autre région bien connue des Romains et toujours en exploitation à l'heure actuelle est l'Andalousie et plus particulièrement le site de Rio Tinto.

Plus près de chez nous, il est possible de visiter les vestiges des mines de Stolzembourg (Luxembourg), propriété notamment de l'industriel hutois Joseph Francotte.



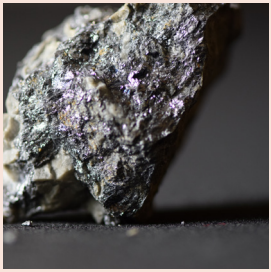
L'ARGENT

Associé naturellement à la lune par sa brillance et sa couleur grise, l'argent est connu à l'état natif mais se trouve plus fréquemment encore en association avec le sulfure de plomb. Son point de fusion est à 962°C. La maîtrise de l'argent remonte probablement à 3500 ans avant notre ère, mais c'est la découverte des mines du Laurion à l'est d'Athènes qui va marquer l'histoire de ce métal et l'associer pour toujours à une matière de référence pour les transactions. Toutes les langues n'utilisent pas précisément le nom de ce métal pour parler d'argent… mais beaucoup d'autres sites d'exploitation de l'argent ont laissé des traces dans notre vocabulaire quotidien. Ainsi, le mot dollar est dérivé de « thaler » qui fait référence à Joachimsthal, une ville aujourd'hui tchèque fameuse pour ses mines d'argent ! Le rapport entre la valeur de l'argent et celle de l'or qui était de 12 à l'époque romaine a été fortement affecté par la découverte des énormes gisements d'argent du Nouveau Monde comme ceux du Cerro Rico ou montagne riche de Potosi (Bolivie). Aujourd'hui, le rapport entre l'or et l'argent est de 85 : 1 !

LE PLOMB

L'association entre le plomb et Saturne est encore bien présente dans les esprits au travers du saturnisme qui est une affection grave affectant ceux qui ingèrent trop de plomb. La cause la plus fréquente dans le passé étant la dissolution du plomb utilisé pour les canalisations par des eaux trop acides. Le plomb aurait été découvert vers 3500 av. J.-C. Sa malléabilité et son point de fusion très bas (327°C) en étaient les principaux atouts. Très abondant dans nos régions, il était déjà exploité à l'époque romaine comme en témoignent les tuyaux retrouvés dans les fouilles et les lingots de plomb frappés aux marques de l'empereur Tibère.

Au cours du XIX^{e} siècle les mines de plomb de la région de… Plombières, mais aussi de Theux ou de La Roche ont produit près de 130 000 tonnes de ce métal.

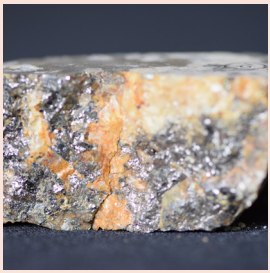


L'ÉTAIN

L'étain est un métal qui a été découvert plus de 3000 ans avant notre ère. Son point de fusion très bas (231°C) facilite certainement son obtention. Les plus anciens objets contenant ce métal sont en réalité en bronze, un alliage de cuivre, d'étain et souvent d'arsenic. Le minerai d'étain connu sous le nom de cassitérite (SnO_2) suivait des voies commerciales transeuropéennes dès l'Antiquité. Les Grecs évoquaient d'ailleurs les îles Cassitérides, les actuelles Cornouailles, comme leur principale source d'approvisionnement. C'est probablement un étain de la même source qui se retrouve dans le magnifique disque de Nebra estimé dater de 1600 av. J.-C.

Il est amusant de constater que la plupart des statues grecques réalisées en bronze ont été refondues par les civilisations postérieures. Les seules qui nous sont parvenues ont été retrouvées au fond de la mer, car elles avaient été victimes d'un naufrage salvateur. L'étain est associé à Jupiter.

La vaisselle en étain est courante dans les intérieurs bourgeois au Moyen Âge. Ce savoir-faire s'est perpétué jusqu'à nous au travers d'artisans locaux comme les potstainiers hutois.



LE MERCURE

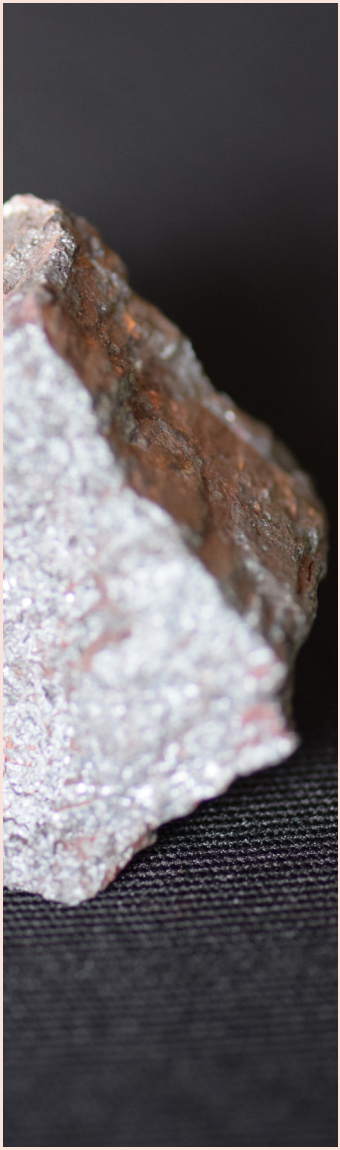
Cela peut paraître étonnant mais le Mercure, associé bien sûr à la planète mercure, existe à l'état natif sous forme de gouttelettes métalliques imprégnant des roches. Toutefois, la forme la plus connue et la plus spectaculaire est son sulfure (HgS, cinabre). Ce minéral d'un rouge vif était déjà largement utilisé dans l'Antiquité pour le maquillage des belles romaines. Il a ensuite été très prisé par les peintres pour l'obtention de la couleur rouge vif appelée vermillon. Le gisement d'Almaden au cœur de l'Espagne est exceptionnellement riche (plus de 8% de mercure). Il a été exploité pendant plus de deux millénaires et a connu sa principale période de gloire lorsque les bateaux des conquistadors quittaient Séville lourdement chargés de mercure pour revenir avec une pleine cargaison de métaux précieux obtenus par amalgamation.

Aujourd'hui le mercure dont la toxicité est reconnue depuis de nombreuses années s'est pratiquement totalement banni par la convention de Minamata (2013). Pensez avec nostalgie aux thermomètres, aux piles, aux amalgames dentaires et au mercurochrome. Restent de magnifiques mines-musée au Patrimoine de l'UNESCO comme à Almaden (Espagne), Idrija (Slovénie) ou Monte Amiata (Italie) !

LE FER

Le métal le plus abondant sur terre et le plus largement utilisé de nos jours est finalement celui qui sera découvert le plus tardivement (1500 av. J.-C.). On pense que sa métallurgie est peut-être apparue en premier en Afrique. Toujours est-il qu'elle était bien connue des Romains qui produisaient quantités d'armes et d'outils dans un fer de qualité très variable. En réalité, jusqu'au Moyen Âge, le fer n'est pas réellement fondu, mais il forme une loupe de fer ramollie qui devait être purifiée par martelages successifs. C'est dans nos régions que l'on met au point le haut-fourneau permettant d'atteindre des températures suffisantes (>1500°C) pour obtenir une fonte liquide. Il faudra encore bien des innovations technologiques pour se débarrasser du carbone résiduel et obtenir de l'acier sous toutes les formes que nous lui connaissons aujourd'hui. La température de fusion du fer pur est de 1538°C. Dans l'alchimie, le fer est associé à Mars, le dieu de la guerre.

La sidérurgie a été une activité majeure tout au long de l'histoire de nos régions depuis les bas-fourneaux romains, jusqu'aux haut-fourneaux d'Ougrée et de Seraing en passant par nombre de forges et fenderies établies le long de nos cours d'eau. Plusieurs lieux-dits comme Rouge Minière, Ferrières ou Les Forges témoignent encore de cette activité dont le savoir-faire a largement essaimé au travers de toute l'Europe.



C. Une découverte inattendue

L'expédition géodésique française menée par Charles Marie de La Condamine de 1735 à 1743 pour mesurer le méridien terrestre, découvre dans ce qui est aujourd'hui la Colombie, des pépites d'un métal aussi brillant que l'argent et aussi résistant que l'or. Ce métal est baptisé du nom de petit argent ou *platina* par son découvreur, l'Espagnol Antonio de Ulloa.

Longtemps ignoré pour ses qualités intrinsèques, le platine est aujourd'hui un métal hautement stratégique utilisé en catalyse et, plus particulièrement, dans la réduction des émissions liées aux gaz d'échappements de nos moteurs à combustion. Sa découverte en 1735, si elle n'a enrichi personne, a surtout bousculé beaucoup de certitudes. Désormais l'équilibre antique entre les métaux, les astres et les jours de la semaine était rompu. L'alchimie allait devoir céder le pas à une véritable approche scientifique de la matière qui permettrait de découvrir l'ensemble des atomes constituant notre environnement.

D. À la recherche du Wallium

À la fin du XVIII[e] siècle, l'existence de plusieurs métaux est suspectée mais pas encore démontrée scientifiquement. C'est le cas notamment du nickel et du cobalt (de Kobold-Kabouter, esprit malin) qui viennent régulièrement perturber la métallurgie du cuivre. C'est le cas aussi d'un mystérieux métal appelé zinn ou étain venu de Chine et qui sera bien vite produit en quantités industrielles dans nos régions sous le nom de zinc !

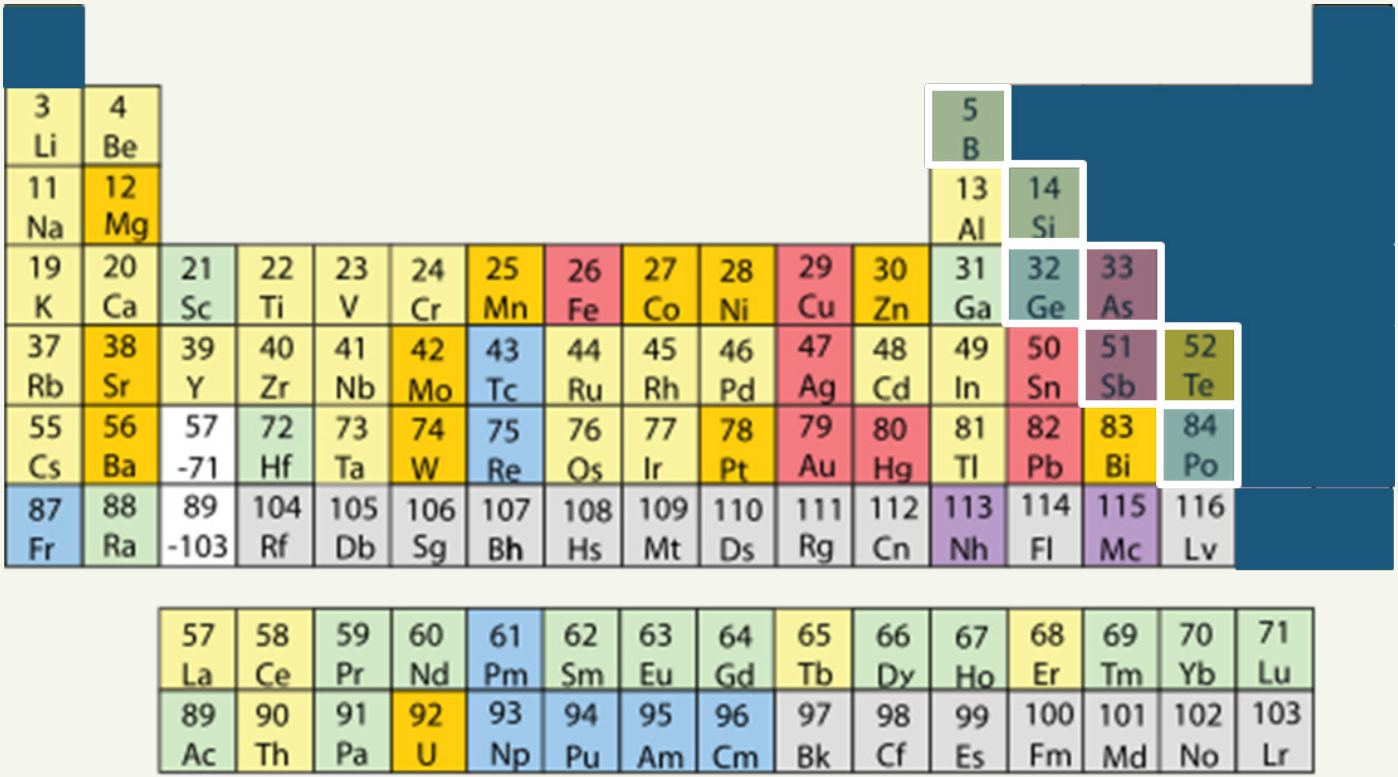
Antoine de Lavoisier (1743-1789) est considéré comme le père de la chimie moderne. Avec sa *Méthode de Nomenclature Chimique*, il a jeté les fondements d'une démarche scientifique rigoureuse permettant de nommer les composants de la matière mais aussi de comprendre les principales réactions chimiques. Toutefois, il faudra attendre l'invention du tableau périodique par le chimiste russe Dimitri Mendeleïev (1834-1907) en 1869 pour admirer l'ordre qui régit les propriétés des atomes et réaliser qu'il reste encore quelques cases vides !

Dès ce moment, tous les chimistes de l'époque se lancent dans une course effrénée pour identifier en premier les éléments manquants. Parmi eux, Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912). Celui-ci, suspectant les minerais de zinc de contenir quelques mystères insoupçonnés, se fait livrer quatre tonnes de concentré par la société liégeoise de la Vieille-Montagne. Il parvient à isoler 75 grammes (!) d'un nouvel élément qu'il baptisera gallium en référence à son nom (*gallus* = le coq) ou à son pays (la Gaule)… on ne le saura jamais. Il aurait peut-être dû l'appeler wallium en référence à notre région… Toujours est-il que quelques années plus tard, le chimiste allemand Winkler (1838-1904) découvrira le Germanium. Ici, la référence est explicite !

E. À la recherche de l'Oganesson

Les progrès technologiques sont tels que la découverte des éléments s'accélère et vers la fin du XIX^{e} siècle le tableau est presque complété. La lignée des terres rares est maintenant complète avec la découverte du néodyme et du praséodyme par Carl Auer von Welsbach (Vienne, 1858-1929) que viendra rejoindre le lutétium (d'après Lutèce = Paris) en 1907. Ce n'est finalement qu'en 1925, que l'exploration systématique de notre environnement naturel prendra fin avec la découverte du rhénium (en référence au Rhin) par une des premières chimistes allemandes, Ida Tacke (1896-1978). France et Allemagne auront lutté au coude à coude dans cette aventure.

À partir de 1937, la découverte d'atomes se poursuit mais il s'agit désormais d'atomes qui sont instables dans l'environnement naturel et ne peuvent être observés que lors de collisions atomiques dans des synchrotrons. Le premier élément découvert de cette manière à Berkeley (USA) est le technétium. Il est le premier d'une longue liste clôturée en 2006 par l'identification pendant un millième de seconde de l'oganesson au centre de recherches nucléaires de Dubna (Russie). Les Américains et les Russes auront à leur tour lutté au coude-à-coude dans cette exploration de l'infiniment petit et éphémère.


3 Li
4 Be
5 B
11 Na
12 Mg
13 Al
14 Si
19 K
20 Ca
21 Sc
22 Ti
23 V
24 Cr
25 Mn
26 Fe
27 Co
28 Ni
29 Cu
30 Zn
31 Ga
32 Ge
33 As
37 Rb
38 Sr
39 Y
40 Zr
41 Nb
42 Mo
43 Tc
44 Ru
45 Rh
46 Pd
47 Ag
48 Cd
49 In
50 Sn
51 Sb
52 Te
55 Cs
56 Ba
57 -71
72 Hf
73 Ta
74 W
75 Re
76 Os
77 Ir
78 Pt
79 Au
80 Hg
81 Tl
82 Pb
83 Bi
84 Po
87 Fr
88 Ra
89 -103
104 Rf
105 Db
106 Sg
107 Bh
108 Hs
109 Mt
110 Ds
111 Rg
112 Cn
113 Nh
114 Fl
115 Mc
116 Lv
57 La
58 Ce
59 Pr
60 Nd
61 Pm
62 Sm
63 Eu
64 Gd
65 Tb
66 Dy
67 Ho
68 Er
69 Tm
70 Yb
71 Lu
89 Ac
90 Th
91 Pa
92 U
93 Np
94 Pu
95 Am
96 Cm
97 Bk
98 Cf
99 Es
100 Fm
101 Md
102 No
103 Lr
Known in antiquity
also known when (akw) Lavoisier published his list of elements (1789)
akw Mendeleev published his periodic table (1869)
akw Deming published his periodic table (1923)
akw Seaborg published his periodic table (1945)
also known (ak) up to 2000
ak to 2012

1.2
MÉTAUX : UNE (BRÈVE) HISTOIRE INDUSTRIELLE À LIÈGE

L'industrie à Liège a laissé libre cours aux plumes d'écrivains … Notamment Théophile Gautier dans *Un tour en Belgique* (1852) :

> *À quelques pas de Liège, fume et bouillonne Serin, où M. Cockerill a ses usines. Les forges de Lemnos, avec leurs trois pauvres cyclopes, étaient peu de choses à côté de cet immense établissement, toujours noir de charbon, toujours rouge de flammes, où les métaux coulent par torrent, où l'on puddle, où l'on cingle le fer, où se fabriquent ces énormes pièces, ossements d'acier des machines à vapeur. Là, l'industrie s'élève jusqu'à la poésie, et laisse bien loin derrière elle les inventions mythologiques.* (extrait-p. 79).

Mais aussi Victor Hugo dans *Le Rhin*, (1876), surtout les pages 113-115. Découvrir l'histoire industrielle peut également se faire dans les musées (ou sur la toile), avec les œuvres de Cécile Douard, Maximilien Luce, Gustave Marissiaux, Constantin Meunier, Pierre Paulus, etc.

A. Métallurgie au Pays de Liège et succès international

Taques, tirants, clous, boulets ou canons… le savoir-faire des forgerons liégeois s'exporte dans toute l'Europe à l'aube du XVII[e] siècle. Profitant de la neutralité perméable* de la principauté de Liège, certains comme Curtius font commerce avec l'Espagne, tandis que d'autres comme De Bèche* et De Geer* s'expatrient en terres protestantes (Norrköping, Suède).

Le fer forgé est travaillé sous le marteau. La qualité du fer dépend du minerai d'origine et de l'habileté du forgeron pour extraire les scories par battage : on cinglait le fer. Manifestant dès la Renaissance leur vitalité dans l'industrie du fer (« méthode wallonne »), les Wallons ont acquis, dès 1600, une réputation de métallurgistes à la pointe du progrès technologique.

B. La forge « méthode wallonne »

Le processus d'affinage conçu et expérimenté avec succès en région liégeoise dit « la méthode wallonne », qui essaime dans toute l'Europe, consiste à réchauffer la fonte dans un foyer d'affinage en y apportant de grandes quantités d'air grâce à des soufflets pour oxyder le carbone résiduel. On obtient ainsi du fer forgeable…

Toutefois, dès 1820 dans nos régions, la méthode est concurrencée par le puddlage*. Il permet d'augmenter la production grâce à un nouveau combustible (la houille), plus rentable et plus disponible que le charbon de bois.

Léonard Defrance, *Intérieur d'une fenderie*, ca 1800, h/b, collection privée, Paris
© AM Franceschini

C. La sidérurgie liégeoise

Forte d'une tradition de plus de 200 ans, la société John Cockerill perpétue le savoir-faire liégeois, notamment dans les secteurs de la mécanique, de l'énergie et de l'environnement. La sidérurgie à froid (traitement de l'acier sous 1200 °C) reste active avec des entreprises telles que ArcelorMittal et Liberty. D'autres fleurons industriels moins connus du grand public, comme Marichal-Ketin ou Magotteaux, continuent d'affirmer mondialement leur réputation dans des secteurs hautement spécialisés.

D. L'économie circulaire

Les produits en fin de vie qui contiennent de l'acier sont très nombreux et font l'objet d'une collecte systématique. C'est notamment le cas des véhicules ou des gros électroménagers pour lesquels des filières de recyclage sont mises en place depuis des décennies. L'acier peut être séparé des autres métaux par séparation magnétique et sa refonte dans des fours électriques permet d'envisager de nouveaux usages. Toutefois, les métaux alliés à l'acier ou utilisés dans les protections anticorrosion sont souvent perdus dans ces processus.

Grâce à la collecte systématique des PMC (plastique-métal-carton), le taux de collecte et de recyclage des canettes de boisson est particulièrement élevé dans nos régions.

E. SOS Planète

Au XVIe siècle, on utilise dans nos régions le charbon de bois *(CO) pour apporter le carbone dans le haut-fourneau*. La déforestation intensive de nos régions jusqu'au début du XIXe siècle est une réalité qui déjà interpellait les hommes par rapport aux questions de développement durable ! Le remplacement du charbon de bois par du charbon de terre épuré (coke) à l'époque de Cockerill (1817) permet de résoudre cette épineuse question… mais elle en pose bien vite d'autres, comme la nécessaire maîtrise des émissions de CO2.

F. John Cockerill, un visionnaire à la tête d'un futur empire industriel

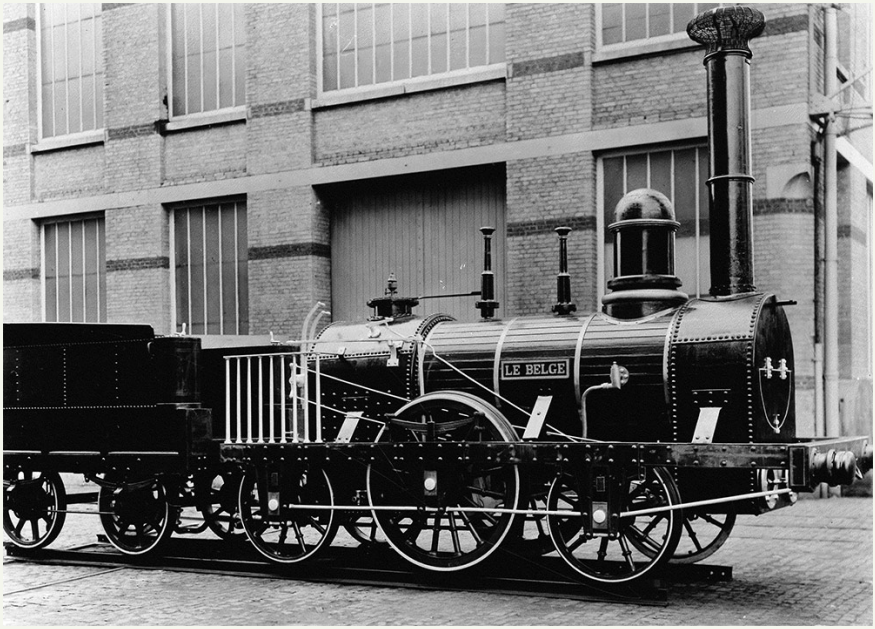
Les Cockerill, émigrés britanniques, arrivent en 1799 sur le territoire de l'actuelle Belgique. William, le père, développe une usine textile à Verviers et joue un rôle déterminant dans la mécanisation de l'industrie lainière textile européenne, en retard par rapport à celle de l'Angleterre. John (Haslingden, Lancashire, 1790 - Varsovie, 1840), rejoint sa famille en 1802. Soutenu par Guillaume 1er des Pays-Bas, il acquiert l'ancien château de plaisance de Velbruck à Seraing et s'y installe en 1817. Il en fera le premier complexe industriel européen autour du haut-fourneau* à coke*. C'est là que démarre l'incroyable aventure mondiale de la sidérurgie ! La Fondation John Cockerill a célébré son bicentenaire en 2017.

G. Coup d'œil sur l'histoire des Usines Cockerill et de la sidérurgie dans le bassin liégeois

1817 John Cockerill achète le Château de Seraing.

1826 Mise à feu du premier haut-fourneau* à coke* de la région.

1835 Construction de la première locomotive à vapeur sur le continent européen, la «Le Belge».



Locomotive : « Le Belge » © Fondation John Cockerill

1842 Construction du pont suspendu de Seraing, le premier en acier de fer dans la région qui permettait aux ouvriers de venir travailler autrement qu'en barque.

1842 Création de la première Société Anonyme : les Établissements John Cockerill.

1850 Développement du procédé Bessemer* de conversion de la fonte en acier entrainant une diffusion mondiale de la production d'acier et de produits dérivés : construction du premier navire transatlantique (1856), expansion en Chine et construction d'usines sidérurgiques, de ponts et de la première grande voie de chemin de fer Pékin-Hankou (1890).

1905 Exposition universelle de Liège : la société Cockerill y brille par ses innovations.

Locomotive à vapeur T12 © Fondation John Cockerill

1939 Construction de la locomotive à vapeur T12.

1940-1980 Le centre de gravité de l'entreprise se déplace de la construction mécanique à la sidérurgie.

1950 Cockerill développe le marché des centrales électriques et nucléaires.

1963 Création de Chertal (Cheratte-Herstal) pour y installer une aciérie, qui transforme la fonte des hauts-fourneaux en acier et un laminoir à chaud, qui produit des tôles épaisses.

Wagon torpille © D. Houcmant

1982 La division Construction Mécanique de Cockerill devient une société filiale du sidérurgiste Cockerill Sambre et prend le nom de CMI.

2016 CMI est actif dans les secteurs de l'énergie, la défense, l'industrie, l'environnement et les services.

2017 CMI fête le bicentenaire de l'arrivée de John Cockerill à Seraing. En 2019, CMI reprend le nom de son fondateur, change de logo et crée la Fondation John Cockerill.

Actuellement, outre John Cockerill, plusieurs acteurs du secteur développent un marché international : ArcelorMittal, Liberty, Advanced Coating, Marichal-Ketin…

2

partie 2

LEXIQUE

LEXIQUE

Accrétion. Processus d'agglomération d'éléments inorganiques, solides ou fluides.

Archéométrique. L'archéométrie est une discipline scientifique récente mettant en œuvre des méthodes physiques ou chimiques pour les études archéologiques. Elle allie des techniques développées dans les laboratoires afin d'apporter des informations qui permettent d'évaluer et de révéler les compositions, les évolutions des techniques de fabrication et d'usures des matériaux d'objets archéologiques et d'œuvres d'art.

Astéroïde. Planète mineure composée de roches, de métaux et de glaces, et dont les dimensions varient de l'ordre du mètre (limite actuelle de détection) à plusieurs centaines de kilomètres. Le premier astéroïde est découvert en 1801.

Atome. Particule d'un élément chimique qui forme la plus petite quantité susceptible de se combiner. Les atomes sont les constituants élémentaires de toutes les substances solides, liquides ou gazeuses. La molécule d'eau (H2O) contient deux atomes d'hydrogène.

Bas-fourneau. 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 en fer métallique par réduction directe. Le bas-fourneau produit une loupe de fer solide, à la différence du haut-fourneau qui produit de la fonte en fusion.

Battage. Procédé de transformation d'une matière première, à laquelle on fait subir des chocs successifs principalement à chaud pour en éliminer les «scories», éléments impurs qui fragilisent sa structure.

Bessemer, procédé. Procédé d'affinage de la fonte brute, abandonné dans les années 1960, ayant servi à fabriquer de l'acier peu coûteux. Ce procédé porte le nom de son inventeur, Henry Bessemer, qui le brevette en 1855. Le procédé consiste à oxyder avec de l'air les éléments chimiques indésirables contenus dans la fonte pour en obtenir du fer ou de l'acier. L'originalité du procédé consiste à exploiter la chaleur dégagée par les réactions chimiques pour maintenir la masse de métal en fusion. Après l'amélioration de Thomas (procédé Thomas), le convertisseur devient un des moteurs de la révolution industrielle.

Botteresse. Vêtue d'un tablier sur ses longs jupons et d'un châle croisé sur sa poitrine, cette femme porte une hotte (le bot) remplie de fruits et légumes mais parfois aussi de plakis, amalgame de charbon, d'argile et d'eau qu'elle a fabriqué en le piétinant avec ses gros sabots, avant d'en façonner des boulets.

Charbon de bois. Combustible obtenu en carbonisant du bois en atmosphère contrôlée par pyrolyse (en l'absence d'oxygène). Le procédé

permet d'éliminer, par élévation de la température, les fractions liquéfiables et gazéifiables du bois (son humidité et toute matière végétale ou organique volatile) afin de ne laisser que le carbone et les minéraux. La structure micro et nanoporeuse de ce charbon lui confère des qualités particulières.

Coke. Combustible obtenu par pyrolyse de la houille dans un four à l'abri de l'air ; ces fours sont regroupés en batteries dans une usine appelée cokerie.

Corrosion. Désigne l'altération d'un matériau par réaction chimique avec un oxydant. Les exemples les plus connus sont l'oxydation des métaux à l'air ou dans l'eau : rouille du fer et de l'acier, formation de vert-de-gris sur le cuivre et ses alliages (bronze, laiton).

Dague. Arme blanche courte, à simple ou double tranchant.

De Bèche, Guillaume (Liège, 1573 - Suède, 1629). Premier entrepreneur de l'industrie du fer et de la fonte en Suède, établi à Nyköping depuis 1595. Responsable de mines de cuivre à Nyköping, le jeune de Bèche dirige aussi des fourneaux, des forges et produit une fonte d'une qualité exceptionnelle servant à fabriquer des canons en fer. La méthode wallonne fait merveille en Suède. Guillaume de Bèche s'associe avec Louis De Geer, autre wallon réfugié en Hollande, qui, dès 1625, multiplie ses participations financières dans les entreprises des de Bèche.

De Geer, Louis *(Liège, 1587 - Amsterdam, 1652)*. Devient partenaire de Guillaume de Bèche pour les usines suédoises de Finspång, d'où sortent des canons de fer mondialement réputés. Développant une immense fortune lors de La guerre de Trente Ans, l'investisseur métallurgiste se lance dans le commerce des armes, puis devient un puissant armateur. Notons ici, qu'entre 1620 et 1640, cinq mille artisans du fer qualifiés en ferronnerie (clous, fer à cheval, barres et tôles, outils, armes), en fonderie, en extraction minière et dans la construction des hauts-fourneaux s'expatrient en Suède, preuve, s'il en faut, de la qualité et l'importance de la sidérurgie wallonne en Suède.

Edison, Thomas *(1847-1931)*. Autodidacte particulièrement curieux et doué, inventeur, scientifique et industriel américain. Fondateur de la General Electric, l'une des premières puissances industrielles mondiales, il est un inventeur prolifique (plus de 1 000 brevets). Pionnier de l'électricité (lampes à incandescence puis à fluorescence), diffuseur, vulgarisateur, il fut également l'un des principaux inventeurs du cinéma (aux côtés, entre autres de Louis Lumière, Jules Carpentier) et de l'enregistrement du son (invente le phonographe).

Emboutissage. Technique de fabrication permettant d'obtenir, à partir d'une feuille de tôle plane et mince, un objet dont la forme n'est pas développable. Très utilisé dans l'industrie automobile, dans l'électroménager, etc.

Espérance-Longdoz. Entreprise d'extraction de charbon et de production d'acier située à Liège. Son nom rappelle la fusion en 1862-1863 entre 2 sociétés : l'usine de fer blanc au Longdoz (depuis 1845) avec la Société anonyme des Hauts Fourneaux, Usines et Charbonnages de l'Espérance (fondée 1836), nommée en 1877, Société métallurgique d'Espérance-Longdoz. La firme devient le plus grand producteur belge de tôle, pour atteindre un pic de production de 142 000 tonnes en 1948.

Malgré cela, l'usine étant cernée par l'habitat, elle ne peut se développer. À partir de 1957, elle cesse le laminage à chaud et n'est utilisée que pour la finition de la tôle et la distribution. La production du Longdoz cesse dans les années 1980. Une partie des bâtiments de l'usine a été préservée afin d'abriter la Maison de la Métallurgie et de l'Industrie. La friche industrielle est reconvertie en un centre commercial La Médiacité (2009).

Etampage. Action de frapper le métal chauffé dans une forme en fer.

Eugène Savitskaya *(Liège,°1955)*. Artiste liégeois. Soutenu par le poète Jacques Izoard, il publie ses premiers poèmes en 1972. Depuis, ses textes sont régulièrement édités et appréciés tant en France qu'en Belgique où il obtient le prix Point de Mire et le Grand Prix triennal du Roman pour *Marin, mon cœur* (1992). La passion des mots l'amène vers leur mise en scène au théâtre et dans l'espace public.

Famennien. Le Famennien est dénommé d'après la région de Famenne en Belgique orientale. Étage et nom sont proposés par André Hubert Dumont en 1855 et ensuite introduits dans la littérature scientifique. Le Famennien est, dans l'histoire de la Terre, l'étage chronostratigraphique le plus haut du Dévonien supérieur. Cet étage a une durée géochronologique s'étendant de - 372,2 millions à - 358,9 millions d'années.

Fenderie. Ancien atelier où on fendait le fer en barres ou verges. À partir de ces verges, les cloutiers pouvaient forger des clous.

Gramme, Zénobe *(1826-1901)*. Menuisier hutois doté d'une grande inventivité en particulier quand il réalise, à Paris, des pièces en bois pour des machines magnétoélectriques. En 1868, il améliore la dynamo d'un générateur électrique à courant continu appelé dynamo Gramme ou machine de Gramme. Il reçoit les honneurs des gouvernements français et belge. Plusieurs monuments rappelant sa célébrité sont installés à Liège.

Guillaume d'Orange *(1772-1843)*. Prince souverain des Pays-Bas de 1813 à 1815, puis roi des Pays-Bas sous le nom de Guillaume I^{er}, il jette les bases de la prospérité économique de la Wallonie. Il favorise l'installation d'industriels (John Cockerill), améliore les voies navigables (creusement du canal Bruxelles-Charleroi), fonde, en 1817, les universités de Liège (première université wallonne) et de Gand.

Harzé, Léopold *(1831-1893)*. Sculpteur liégeois fasciné par la vie et les mœurs locales qui se spécialise dans le travail de la terre. Ses sujets préférés sont ses contemporains qu'il décrit avec force détails dans leur vie quotidienne, qu'il croque avec ironie, humour et expressivité.

Haut-fourneau. 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, 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.

Hématite.Oxyde naturel de fer (Fe2O3) cristallisant dans le système hexagonal.

Ce minéral est avec la Goethite (FeOOH) et la Magnétite (Fe3O4) la forme dominante du fer dans les minerais .

Houille. Roche sédimentaire d'origine biochimique et riche en carbone. Ce combustible fossile fait partie de ce que l'on appelle de manière générique du charbon : sa couleur noirâtre provient de la carbonisation d'organismes végétaux.

Inca. Civilisation précolombienne du groupe andin. Elle nait au début du XIII^{e} siècle dans le bassin de Cuzco (Pérou), s'étend sur toute la partie occidentale de l'Amérique du Sud et s'achève en 1533 lors de la conquête espagnole.

Laminoir. Machine destinée à étirer un produit métallurgique par passage entre deux cylindres qui compriment le matériau (par exemple, production de tôles ou de barres profilées). Installation métallurgique comprenant un certain nombre de ces machines.

Mady Andrien *(Engis, °1941)*. Artiste liégeoise. Après ses études à l'Académie royale des Beaux-Arts de Liège, la sculptrice y enseigne (1964-1994) puis en devient la directrice des cours du soir (1994-2000). Ses matériaux de prédilection sont la terre cuite, le polyester, ainsi que les plaques d'acier ; elle en tire une œuvre figurative teintée d'humanité et de jovialité sereine. Elle est l'auteure de plusieurs interventions dans l'espace public à Liège.

Maya. Ancienne civilisation de Mésoamérique qui se développe entre 2600 ACN et 1520 PCN, elle est principalement connue pour ses avancées dans les domaines de l'écriture, de l'art, de l'architecture, de l'agriculture, des mathématiques et de l'astronomie.

Métallurgie. Science des matériaux qui étudie les métaux, leurs élaborations, leurs propriétés, leurs traitements. Par extension, on désigne ainsi l'industrie de la fabrication des métaux et des alliages, qui repose sur la maîtrise de cette science.

Météorite. Objet solide d'origine extraterrestre qui en traversant l'atmosphère terrestre n'a pas perdu toute sa masse, et qui atteint la surface solide sans être entièrement volatilisé lors de l'impact avec cette surface.

Neutralité perméable. De 1581 à 1723, le trône épiscopal est occupé par les cadets princiers de Bavière. Les Liégeois sentent vivement que la raison du prince n'est pas la raison d'État ; refusant d'être impliqués dans les alliances de leurs souverains, ils obtiennent de la France, des Provinces-Unies puis de l'Espagne, la reconnaissance de leur neutralité qui, certes, reste perméable : le passage et le cantonnement des armées ne peut être empêché, par contre le commerce est autorisé avec tous les belligérants. La neutralité perméable traduit l'indépendance du pays à l'égard des grandes monarchies voisines.

Paix de Fexhe. Traité promulgué à Fexhe-le-Haut-Clocher en 1316, véritable base constitutionnelle du pays de Liège visant au droit et à l'égalité du plus grand nombre.

Phosphoreux, bronze. En 1869, Montefiore-Levi met au point un alliage particulier de bronze phosphoreux (CuSn6 et CuSn8 ???) de structure très fine : après avoir étiré des fils, il apparaît que le matériau est particulièrement efficace pour la transmission des

communications télégraphiques. Avec le développement du réseau téléphonique, les fils en bronze phosphoreux Montefiore participent à la fortune de son inventeur.

Profilé. Matériau auquel on a donné un profil, une forme déterminée.

Puddler. ***Puddlage***. Le mot puddlage vient de l'anglais *to puddle* qui signifie « brasser ». La méthode est mise au point par Henry Cort en 1784, puis améliorée au XIX[e] siècle. La fonte est chauffée à très haute température dans un four à réverbère. L'ouvrier, le puddleur, active la réaction en brassant cette fonte à l'aide d'un long crochet appelé « ringard ». Une fois suffisamment affinée, la loupe est extraite du four, pour être cinglée par martelage, puis forgée ou laminée. Ne consommant que la houille, le puddlage permet la fabrication de fer en grande quantité. La tour Eiffel est réalisée en fer puddlé.

Salpêtre. Composé minéral salin soluble dans l'eau, le nitre des minéralogistes, caractéristique des zones désertiques, ou salpêtre, connu avant le Moyen Âge, des anciens chimistes ou collecteurs-fabricants de poudre noire (Curtius par exemple). Salpêtre, en latin médiéval « sel de pierre », définit une couche pulvérulente blanchâtre, qui se forme sur les vieux murs humides par évaporation de l'eau.

Scories. En métallurgie, les scories sont des sous-produits solides issus de la fusion, de l'affinage, du traitement ou de la mise en forme des métaux à haute température. Ces mélanges d'oxydes divers surnagent sur le métal en fusion ou s'en détachent lors de leur mise en œuvre à haute température. Qu'elles soient des déchets extrêmement polluants ou des coproduits appréciés, les scories métallurgiques représentent un enjeu écologique et économique essentiel dans la métallurgie extractive. Dans le cas particulier de la métallurgie du fer, les scories pauvres en fer sont appelées laitier. Celui-ci représente, en volume, le type de scorie de loin le plus courant.

Sidérurgie. Formé à partir du grec *sideros* (fer) et *ergon* (travail). Désigne à la fois les technologies d'obtention de la fonte, du fer et de l'acier à partir de minerai de fer, mais aussi l'industrie qui les met en œuvre.

Silicate Famille de minéraux oxydés contenant du silicium. Cette famille est très abondante dans la structure de la croûte et du manteau terrestre : feldspaths, feldspathoïdes, quartz, pyroxènes, olivine, etc.

Supernova. L'ensemble des phénomènes qui résultent de l'implosion d'une étoile en fin de vie, notamment une gigantesque explosion qui s'accompagne d'une augmentation brève mais fantastiquement grande de sa luminosité.

Télescope à rayons X. Télescope conçu pour l'astronomie des rayons X. (Découverts en 1895, ceux-ci sont une forme de rayonnement électromagnétique à haute fréquence constitué de photons). Ce télescope doit être mis en orbite hors de l'atmosphère terrestre qui est opaque aux rayons X. Ils sont donc montés à bord de fusées-sondes ou de satellites artificiels.

3

partie 3

POUR ALLER PLUS LOIN

POUR ALLER PLUS LOIN

Lectures complémentaires

ELEMENTYMOLOGY

https://elements.vanderkrogt.net

PROJET DE RECHERCHE « REVERSE METALLURUGY»

https://www.uee.uliege.be/cms/c_4632883/fr/reverse-metallurgy

MES NOTES

MES NOTES

MES NOTES

BALADE MÉTALLIQUE

LIÈGE université