

Fonte et fer forgé

Il y a des matériaux ferreux partout autour de l'école : les garde-corps des balcons, les grilles de protection, les décrottoirs... autant d'éléments de patrimoine à préserver. Pour les conserver, il faut s'y intéresser. Alors pourquoi ne pas envisager la manière dont ils sont fabriqués ?

Le module « Fonte et fer forgé » a pour objectif d'amener vos élèves à distinguer ces deux techniques dans les grilles et les balcons du quartier, mais aussi de leur apprendre à décoder la manière dont le fer forgé a été travaillé.

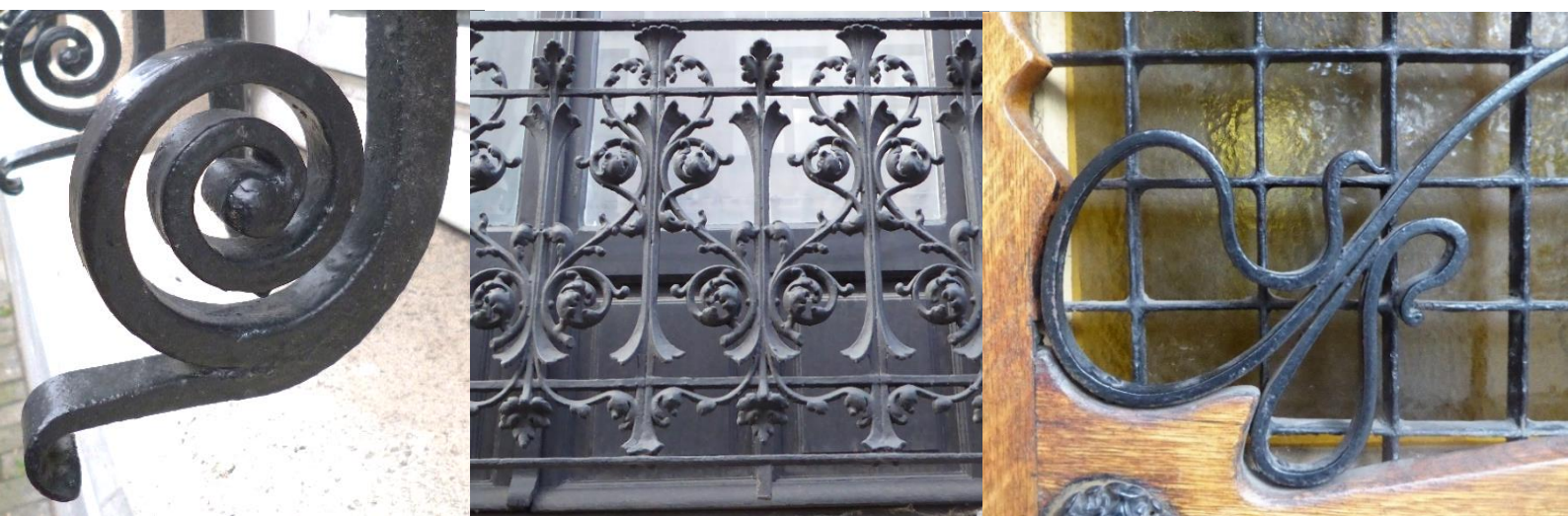


Table des matières

I. INTRODUCTION EN CLASSE	3
I.1 L'histoire du fer en Belgique	3
<u>Objectif de l'exercice</u> : comprendre l'évolution de la fabrication du fer en replaçant des images dans le bon ordre.	
I.2 Décoder la fonte et le fer forgé en classe	7
<u>Objectif de l'exercice</u> : amener les élèves à distinguer la fonte du fer forgé à partir d'exemples évidents.	
II. DÉCOUVERTE DES MATÉRIAUX FERREUX DANS LE QUARTIER DE L'ÉCOLE	10
II.1 Déroulement	10
<u>Objectifs de la découverte</u> :	
- Amener les élèves à observer les grilles et les garde-corps du quartier de l'école.	
- Distinguer leur technique de fabrication : fonte ou fer forgé.	
- Identifier les différentes techniques de mise en œuvre du fer forgé : matériau de base, assemblage et mise en forme.	
II.2 Carnet du professeur.....	11
Outil de synthèse - Comment le ferronnier a-t-il fabriqué ce décrottoir ?	
<u>Objectif de l'exercice</u> : récapituler les apprentissages en identifiant les techniques de fabrication d'un décrottoir en fer forgé.	
III. SYNTHÈSE EN CLASSE	15
IV. INFORMATIONS ET RÉFÉRENCES	17

I. INTRODUCTION EN CLASSE

I.1 L'histoire du fer en Belgique

Objectif de l'exercice

- Comprendre l'évolution de la fabrication du fer en replaçant des images dans un ordre logique.

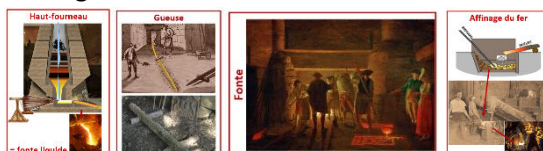
Matériel

- 17 images plastifiées divisées en trois catégories qui se distinguent par leur couleur.

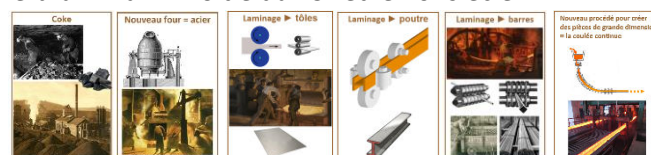
- Le bleu = le travail du fer jusqu'au Moyen Âge



- Le rouge = de la Renaissance au 18^e siècle



- Le brun = la 2^e moitié du 19^e et le 20^e siècle



Déroulement et contenu

Antiquité ► Moyen Âge

- Réunissez vos élèves autour d'une table et présentez ces trois premières images.



- Invitez vos élèves à exprimer ce qu'ils voient et complétez l'information. Dans la nature, on trouve du minerai de fer, une roche qui contient du fer. Il va falloir le transformer. Comment ? En le faisant chauffer dans un four appelé **bas-fourneau** (d'abord un trou dans le sol ; plus tard un four en terre cuite comme sur l'illustration). Comment arrive-t-on à le chauffer ? À l'aide d'un combustible, un corps qui a la propriété de brûler et de produire de la chaleur : à l'époque, c'est le **charbon de bois**. D'où provient-il ? D'arbres qui ont été calcinés. Le feu est attisé à l'aide d'un soufflet manuel.

- Le charbon est le combustible mais il a un autre intérêt, il contient du **carbone** qui a un rôle très important : il est absorbé par le minerai, ce qui l'aide à se ramollir.
- Ce qui n'est pas du fer (le laitier) atteint le point de fusion en premier lieu et s'écoule en-dessous du four. Au bout d'une dizaine d'heures, on démolit le four, reste la **loupe de fer**.
- Sur base de ce dernier terme, placez ensuite les 4 photos suivantes dans un ordre aléatoire et demandez aux élèves de les replacer dans un ordre qui leur semble logique.

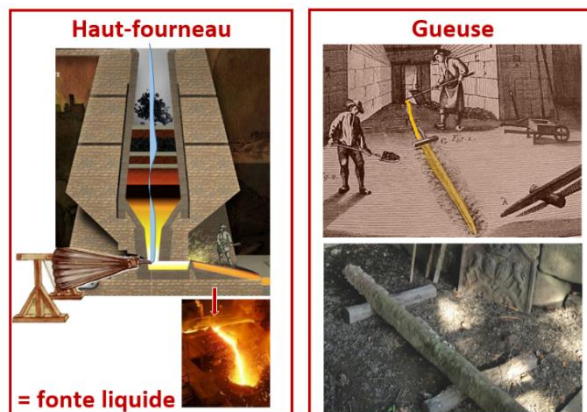


- On chauffe à nouveau la loupe de fer et on la bat sur l'enclume pour éliminer les impuretés : ce qui n'est pas du fer se détache plus facilement.
- On obtient un **lingot de fer** que l'on forge pour fabriquer des outils, des armes, des armures, des serrures, des ancrs, des pentures, des fers à cheval etc.

Renaissance ► 18^e siècle

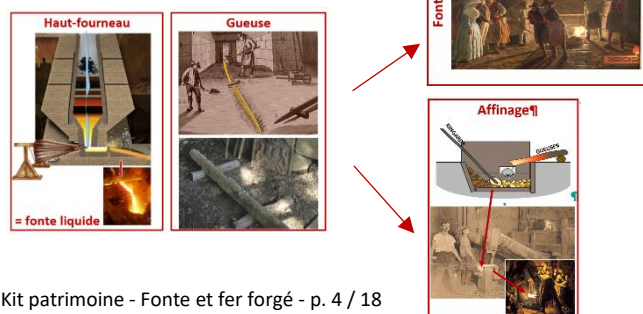
Haut-fourneau et fusion

- Présentez ces 2 images. Dans quel ordre pourrait-on les placer ? Invitez les élèves à observer ce qui est orange, le métal en fusion. On le voit s'écouler du haut-fourneau sur la première image et poursuivre son chemin dans un canal creusé dans le sol sur la seconde.
- On a changé de couleur de cadre car la technique de production du fer connaît une révolution. Laquelle ? Le minerai de fer et le charbon de bois sont chauffés dans un nouveau four très haut, appelé le **haut-fourneau**, dans lequel on envoie de l'air en continu à l'aide d'un soufflet actionné par une roue à aubes (plus tard par une machine à vapeur) pour maintenir la combustion. Le minerai reste plus longtemps au contact du charbon, ce qui lui permet de retenir davantage de carbone et, par conséquent, d'abaisser la température de fusion du minerai de fer : il fond.



- On obtient du métal en fusion appelé **fonte liquide** qui s'écoule dans un canal au bas du four. En refroidissant, la fonte se solidifie en une barre appelée **la gueuse**.

- Placez ensuite les 2 images suivantes de cette manière par rapport à la **photo de la gueuse**.



À PARTIR DE LA GUEUSE

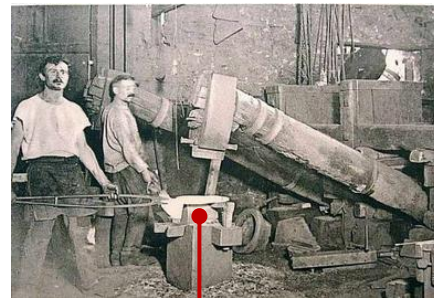
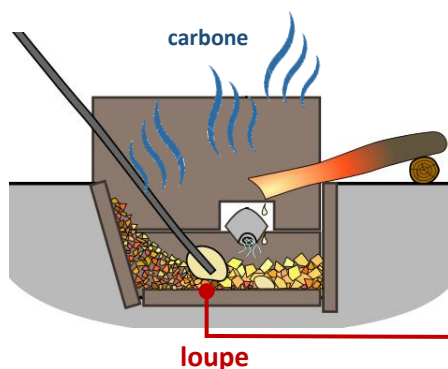
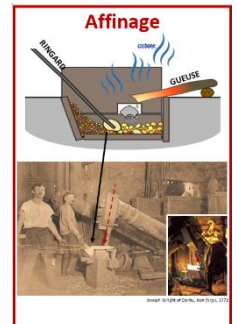


► Soit on fait fondre la guese et on la coule dans des moules pour obtenir des objets en fonte (comme le sous-plat que vous pouvez montrer aux élèves).



► Soit on l'affine pour obtenir du fer

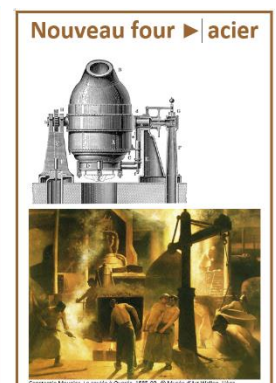
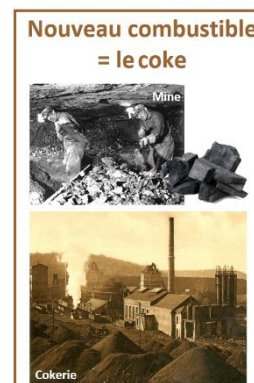
- On avait besoin du carbone pour faire fondre le minerai, mais il rend la fonte cassante (si on laisse tomber le sous-plat, il casse). Le but de l'affinage est d'éliminer un maximum de scories (impuretés) mais aussi de carbone pour transformer la guese en fer.
- Demandez aux élèves de décrire ce qu'ils voient sur l'image : que fait-on avec la guese ? L'affineur introduit peu à peu la guese dans le foyer d'affinage. Une partie du carbone s'évapore sous la forme de gaz carbonique et la guese fond. On obtient la loupe.
- La loupe est ensuite battue à l'aide d'un marteau hydraulique pour éliminer les scories. On obtient une sorte de lingot de fer qui s'appelle le **masseau**.



19^e siècle

Coke et acier

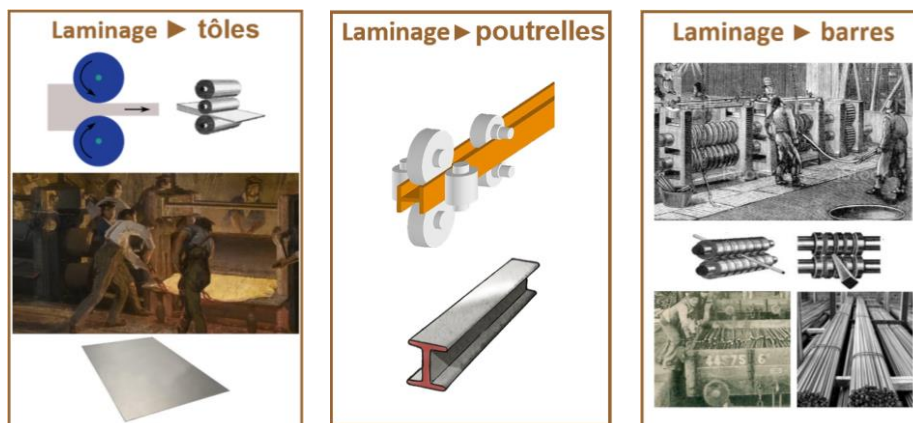
- Le charbon de bois (dont le prix est élevé et qui cause la déforestation) est remplacé par le **charbon de terre** (ou houille) que l'on extrait dans des mines. Il doit être carbonisé pour être utilisé comme combustible, on obtient alors le **coke**.
- Différentes inventions vont mener à la création de fours dans lesquels la température de fusion du fer est encore abaissée. Ces fours, appelés convertisseurs, permettent d'extraire davantage de carbone (qui est brûlé par de l'oxygène) pour éliminer le côté cassant du fer : on obtient l'**acier** que l'on coule en lingots.



La mise en forme = le laminage

Le lingot (ou massiau) peut être mis en forme de différentes manières. Montrez les 3 images ci-dessous et demandez aux élèves de décrire ce qu'ils voient.

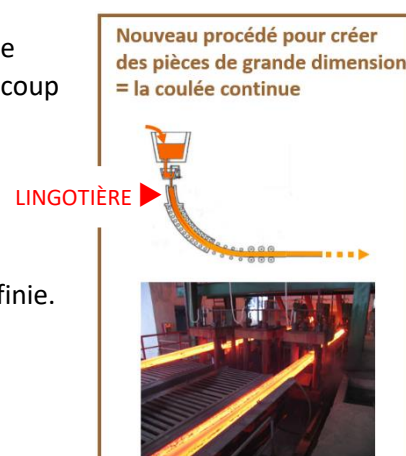
- Entre deux cylindres qui tournent sur eux-mêmes et qui l'aplatissent ► on obtient une tôle.
- Entre quatre formes ► on obtient des poutrelles, des rails de chemin de fer...
- Entre des cylindres creusés ► on obtient des barres de fer qui seront travaillées ensuite par le ferronnier.



20^e siècle

Coulée continue

- Après la Seconde Guerre mondiale, la **coulée continue** se généralise dans la sidérurgie. Ce procédé permet de produire des pièces beaucoup plus grandes que celles coulées en lingot.
- Le métal liquide est versé en continu dans une lingotière qui refroidit très rapidement l'acier et lui donne une forme.
- L'acier refroidi en ressort de manière continue sous forme de longues barres qui, dans l'absolu, pourraient avoir une longueur infinie. Concrètement, on en débite des tronçons de 40 tonnes qui seront laminés par la suite.



Quelques remarques

- Le travail de transformation du minerai de fer porte le nom de sidérurgie, que ce soit pour obtenir du fer, de la fonte ou de l'acier.
- En Belgique, on produit de l'acier à partir de 1863 mais on continue à fabriquer du fer en parallèle. C'est aussi le cas en France où la tour Eiffel a été construite en 1889 en fer puddlé et non en acier.
- Vous pouvez profiter des peintures représentant les ouvriers au travail pour évoquer la chaleur et les conditions de travail infernales dans les usines au 19^e siècle.
- Les sources des images sont mentionnées dans le document 1A^{bis}.

I.2 Décoder la fonte et le fer forgé en classe

Objectif de l'exercice

- Amener les élèves à distinguer la fonte du fer forgé à partir d'exemples évidents.

Matériel

- Un sous-plat en fonte et un crochet en fer forgé



fonte

fer

Déroulement

- Présentez les deux objets aux élèves et posez les questions suivantes.
 - Lequel est constitué de plusieurs morceaux ? Le crochet en fer forgé.
 - Lequel a été réalisé dans un moule ? Le sous-plat en fonte.
- Pour le sous-plat en fonte
 - Ses bords sont-ils nets ? Non.
 - Y a-t-il une différence entre le recto et le verso ? Oui, le recto présente des angles arrondis et l'arrière est plat.
- Le crochet en fer forgé
 - Combien de barres de fer a-t-on utilisé ? Il y en a 5.
 - Comment sont-elles assemblées entre elles ? À l'aide d'une bague appelée « bride » et de soudures.

Information

- Voir pages suivantes.

À quoi reconnaît-on la fonte ?

- Plusieurs éléments identiques qui se répètent (utilisation d'un même moule).



- Des arrêtes qui ne sont pas totalement nettes, un aspect un peu mou car le moule est réalisé en sable.



- Un recto en relief et un verso plus plat qui correspond à la surface de la fonte liquide coulée dans le moule.

- Un ensemble d'éléments qui ne pourraient pas être divisés en barres.



Mais attention, la fonte imite parfois le fer forgé et le motif semble composé de plusieurs barres. Dans ce cas, il faut bien observer les autres critères : répétition, arêtes non nettes et verso plus plat. ▶



À quoi reconnaît-on le fer forgé ?

En parallèle de cette lecture, consultez le carnet « Examiner le fer forgé en rue ».

- Il est composé de barres qui peuvent avoir différentes sections.



section carrée



fer plat



- Des éléments découpés dans une tôle sont parfois assemblés aux barres.



- Les barres sont assemblées entre elles de différentes manières.



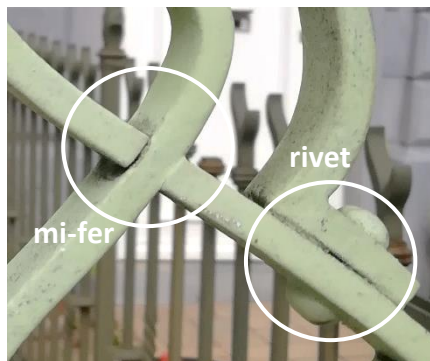
Trou renflé

Une barre est insérée dans une autre barre trouée au préalable.



Bride

Une bague enserre les différentes barres.

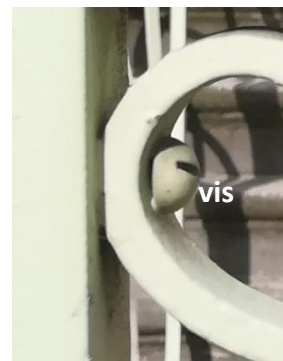
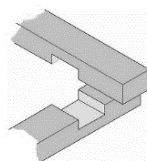


mi-fer

rivet

Mi-fer

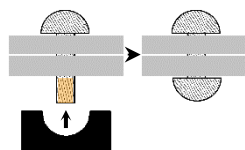
Deux barres sont creusées à mi-hauteur et emboîtées.



vis

Rivet

Les deux barres sont percées. On y insère un rivet préalablement chauffé. On forge ensuite la seconde tête du rivet en frappant la partie qui dépasse à l'aide d'un outil concave.



- Les barres sont mises en forme, à chaud, sur l'enclume.



Fendage

La barre a été fendue en deux.



Torsadage



Cintrage



Volute

II. DÉCOUVERTE DES MATÉRIAUX FERREUX DANS LE QUARTIER DE L'ÉCOLE

II.1 Déroutement

Objectifs de la découverte

- Amener les élèves à observer les grilles et les garde-corps du quartier de l'école.
- Distinguer leur technique de fabrication : fonte ou fer forgé.
- Identifier les différentes techniques de mise en œuvre du fer forgé.

Préparation

- Lisez attentivement le document **I2 - Décoder la fonte et le fer forgé**
- Partez en repérage dans le quartier et identifiez un garde-corps en fonte et une grille en fer forgé proches l'un de l'autre pour faciliter la comparaison.
Vous n'êtes pas certain.e ? Envoyez-nous la photo et nous vous répondrons au plus vite :
classesdupatrimoine@coudenberg.brussels



Matériel en rue

- Examiner le fer forgé en rue - Carnet du professeur
- Examiner le fer forgé en rue - Carnet de l'élève

Déroutement

- Les élèves sont réunis par deux autour d'un carnet devant un garde-corps en fonte et une grille en fer forgé.

Questions à poser aux élèves (également en première page du carnet du professeur)

Pour identifier la fonte

- Fonte comme le sous-plat ou fer forgé comme le crochet ? À quoi le voyez-vous ?
- Des éléments identiques se répètent-ils ?
- Les arrêtes sont-elles nettes ?
- Le motif est-il réalisé avec des barres ?

Pour analyser le fer forgé

- Sélectionnez une barre et demandez aux élèves d'identifier le matériau de base (fer de section carrée par exemple) - (voir tableau page 2 du carnet).
- Sélectionnez un endroit où deux éléments sont assemblés et demandez aux élèves d'identifier le type d'assemblage à l'aide du tableau « Assemblage » du carnet (mi-fer, vis...) (page 2).
Attention, une même grille comporte la plupart du temps plusieurs types d'assemblages.
- Sélectionnez tour à tour plusieurs barres et demandez à vos élèves d'identifier le type de mise en forme (fendage, cintrage...) - (page 3).
- Vous pouvez également identifier la manière dont certaines barres se terminent (par des volutes ou par l'ajout de fers de lance en fonte par exemple - (page 4).

L'exercice peut vous sembler a priori difficile, mais testez-le d'abord vous-même in situ. Rassurez-vous, les élèves s'en sortent toujours très bien.

II.2 Carnet du professeur

Idéalement, installez-vous devant une maison qui possède un garde-corps en fonte superposé à une grille de protection en fer forgé.



La fonte

- Fonte ou fer forgé ? À quoi le voyez-vous ?
- Des éléments se répètent-ils ? Les arêtes sont-elles nettes ?
Le motif est-il réalisé avec des barres ?

Le fer forgé - Les élèves utilisent le carnet pour répondre aux questions

- Sélectionnez une barre : quel est le matériau de base ?
- Sélectionnez un assemblage : comment les barres sont-elles assemblées entre elles ?
- Sélectionnez tour à tour plusieurs barres : comment ont-elles été mises en forme ? Comment se terminent-elles ?

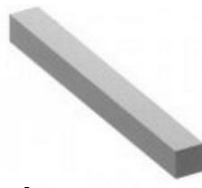


Le ferronnier travaille le fer à chaud, sur une enclume.

Matériau de base



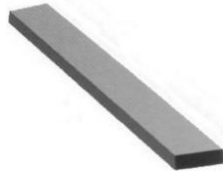
barre de section ronde



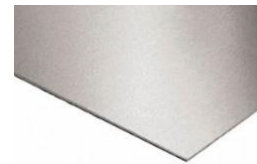
barre de section carrée



barre de section rectangulaire

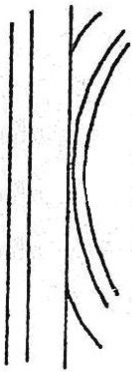


fer plat



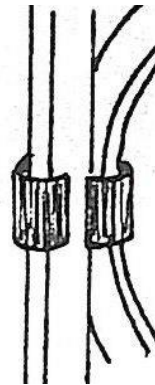
feuille de tôle

Assemblage



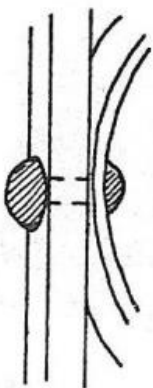
Par soudure

Les barres sont « collées » ensemble à l'aide de métal fondu.



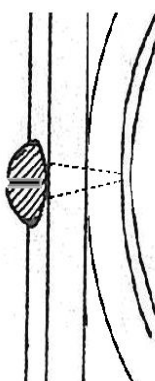
À l'aide d'une bride

Les barres sont liées par une bague en métal.

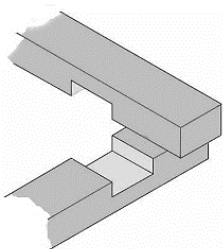


À l'aide d'un rivet

Les deux barres sont percées. On y enfonce un rivet, sorte de gros clou, qui a été chauffé. On forge ensuite la seconde tête du rivet pour enserrer les deux barres.

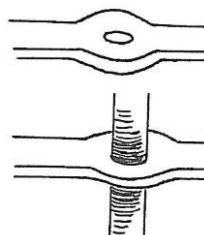


À l'aide d'une vis



À mi-fer

Les deux barres sont creusées à mi-hauteur et emboîtées.

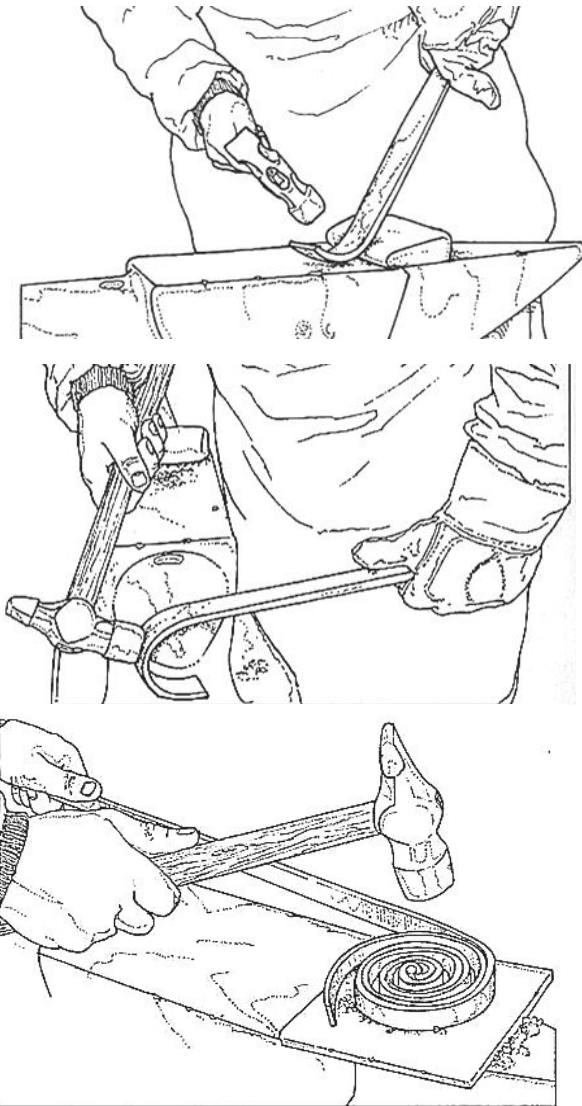


Par trou renflé

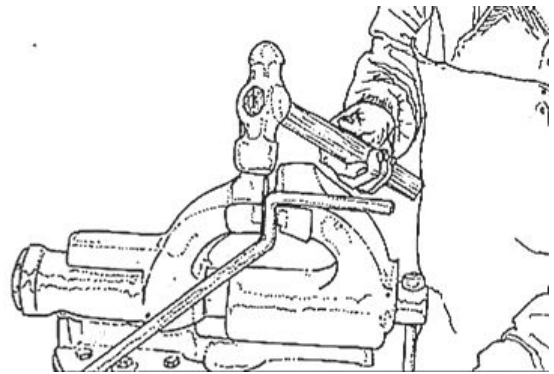
Un trou a été percé dans une barre, on y insère l'autre barre.

Mise en forme

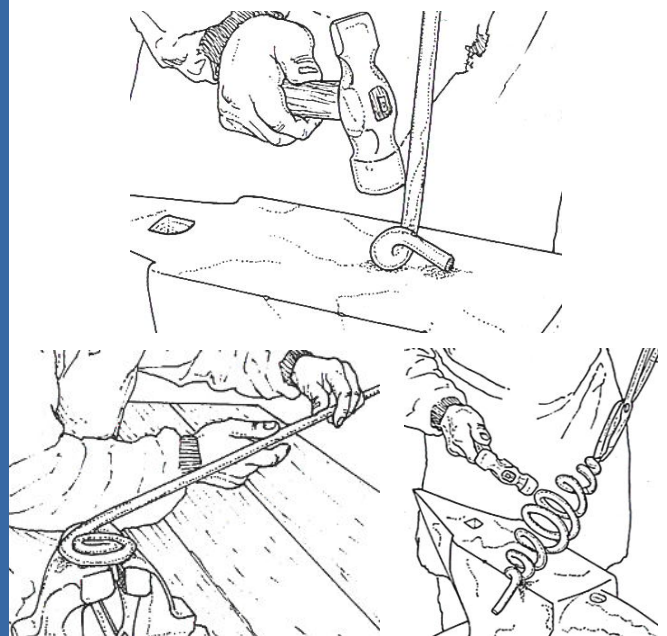
Le cintrage d'une barre



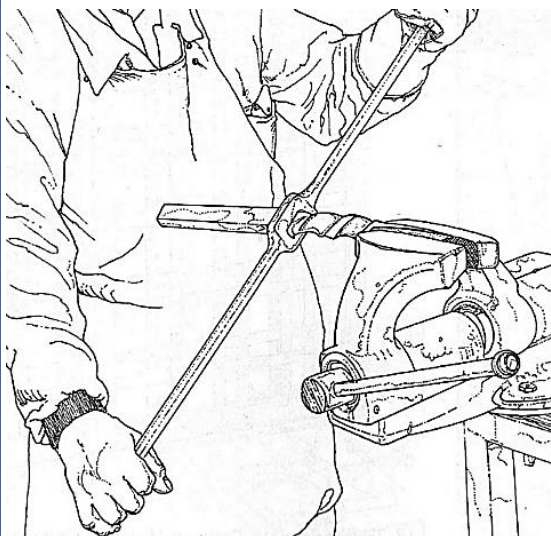
Le pliage d'une barre



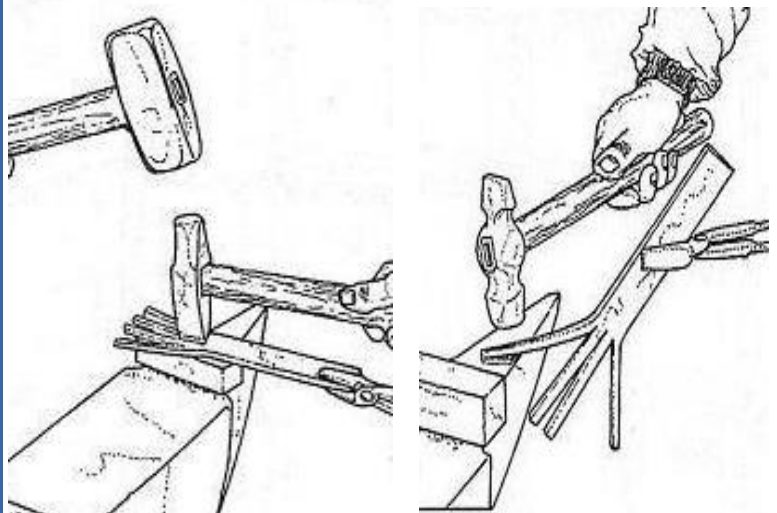
La création d'une volute



Le torsadage d'une barre



Le fendage d'une barre



Terminaisons décoratives

Forgées



ergot

coup de fouet

volute

En fonte

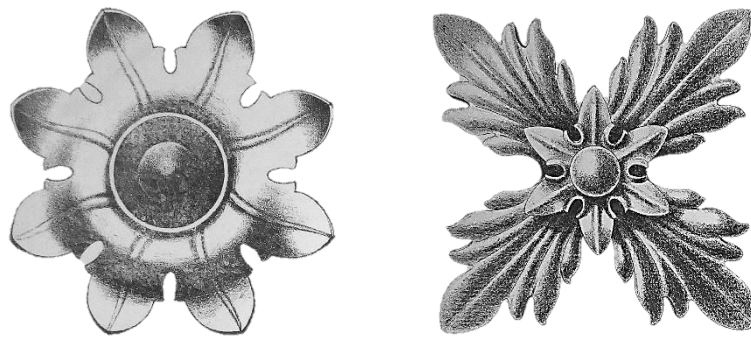


fer de lance

pomme de pin

Pièces détachées en tôle découpée

Fleurs



III. SYNTHÈSE EN CLASSE

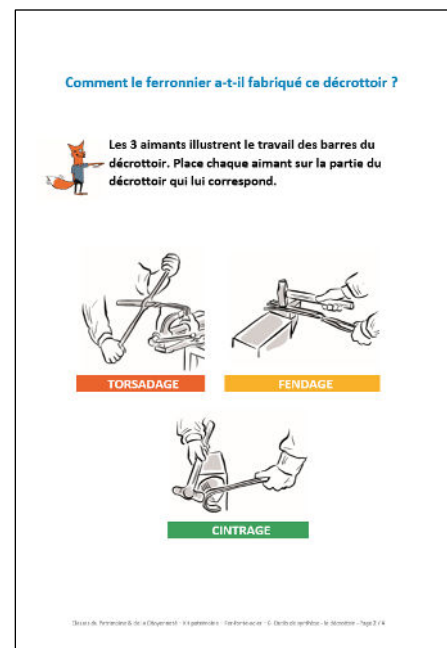
Comment le ferronnier a-t-il fabriqué ce décroittoir ?

Objectif de l'exercice

- Synthétiser les apprentissages en identifiant les techniques de fabrication d'un décroittoir

Matériel

- 1 décroittoir
- 3 mots magnétisés (= 3 méthodes de mise en forme du fer)
- 1 feuille de consignes



Déroulement

- Les élèves travaillent individuellement ou par deux.
- Ils déposent les magnets sur lesquels sont indiquées 3 méthodes de mise en forme des barres de fer (fendage, cintrage et torsadage) au bon endroit sur le décroittoir.

Corrigé

La forme des barres

La barre de fer est placée dans une griffe d'enclume (fente) ou cintrée autour d'un cône d'enclume pour former une volute.



La barre de fer est placée dans un étau et torsadée à chaud, à l'aide d'une griffe que l'on tourne petit à petit.



La tôle a été découpée à la main, à l'aide d'un burin. Sa tranche supérieure a été refoulée, c'est-à-dire élargie par tassement du métal, pour que l'on puisse y frotter la semelle de sa chaussure.



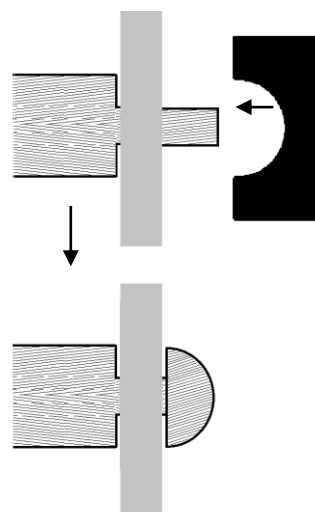
La barre de fer est fendue sur sa longueur à l'aide d'un burin. Les différentes parties sont ensuite cintrées.

L'assemblage des barres

Les deux barres de fer sont reliées grâce à une soudure au feu.

Les quatre barres perpendiculaires au décroitoir, les barres d'attache, seront scellées au plomb dans la maçonnerie. On ne les voit normalement pas.

Un trou est percé dans le montant du décroitoir. On y insère la barre d'attache (horizontale), préalablement chauffée. Son extrémité qui ressort vers l'avant du décroitoir est ensuite matée, c'est-à-dire aplatie. C'est le rivetage.



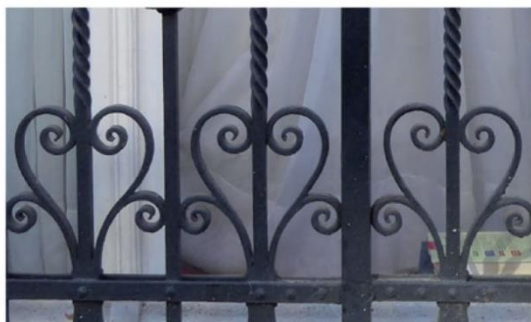
Fabrication du rivet = rivetage

IV. INFORMATIONS ET RÉFÉRENCES

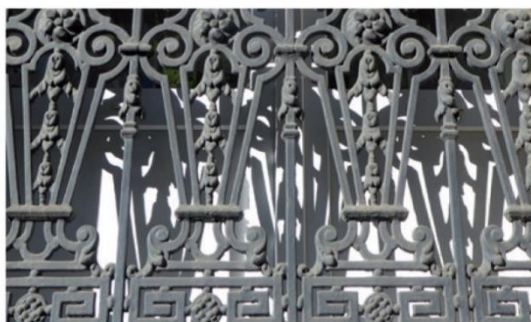
Le fer forgé se rencontre au niveau du garde-corps, de la grille de protection ou encore du décrotoir sur la plupart des maisons bruxelloises. Attention cependant à ne pas le confondre avec une technique cousine, la fonte.

Dans la technique du fer forgé, chaque barre est travaillée manuellement par le ferronnier. Il s'agit donc d'une pièce unique. Mais une bonne maîtrise des outils et des gestes permet malgré tout d'obtenir deux pièces presque identiques.

La technique de la fonte consiste quant à elle à couler le métal dans un moule. Elle permet de reproduire une même pièce un certain nombre de fois. Bien que plus coûteux, le fer forgé présente plusieurs avantages par rapport à la fonte : il est non cassant, résiste aux chocs et peut se plier.



fer forgé



fonte

L'évolution

Selon les époques et les goûts, c'est tantôt le fer forgé qui sera privilégié, tantôt la fonte. Plus souvent encore, les deux techniques cohabitent sur une même façade. Pas facile de s'y retrouver donc !

Alors que le fer forgé est une technique ancestrale, le développement de la fonte moulée durant la première moitié du 19^e siècle bouleverse l'usage du métal ornemental. Dans les maisons néoclassiques, c'est la fonte qui a la cote, que cela soit pour les balcons, les barres d'appui, les décrotoirs ou encore les grilles d'aération.

Dès les années 1870, les modèles produits en série, identiques et parfois mal finis, sont de plus en plus critiqués. L'époque connaît un regain d'intérêt pour le passé et les techniques artisanales ; le fer forgé reprend sa place sur la façade. On profite alors des avantages de la production en série tout en valorisant le travail manuel : les deux techniques se côtoient sur les façades éclectiques et Art nouveau. Plus tard, les façades Art Déco continuent à mettre le fer forgé à l'honneur.

La localisation sur la façade influence par ailleurs le choix de la technique. Pour un garde-corps situé au deuxième étage, dont les détails ne sont pas à portée de vue, il n'est par exemple pas étonnant de privilégier la fonte, moins onéreuse.

La technique en image

C'est pas sorcier

- **Le dire c'est bien, le fer c'est mieux**
https://www.youtube.com/watch?v=xOO6_KGEduA
- **Quelle est la différence entre le fer, la fonte et l'acier ?**
<https://www.youtube.com/watch?v=b279q5wJmXQ>

Fer forgé

- **Rampes d'escalier débillardées en fer forgé**
<https://www.youtube.com/watch?v=hmgMiwRFoH4>
- **Réalisation d'une volute**
<https://www.youtube.com/watch?v=YIA5pCIDU2w>
- **Blacksmithing - Ring Project #3 punching & drifting the square bar**
(= forge de trous de renflage)
<https://www.youtube.com/watch?v=tuVVkIZxh2w>

Dossiers pédagogiques

- Maison de la Métallurgie et de l'Industrie de Liège, dossiers [pédagogiques consacrés à la métallurgie](#).
 - [5^e-6^e primaire : http://mmil.uliege.be/dossier-pedagogique-5eme-6eme-primaire-la-metallurgie/](http://mmil.uliege.be/dossier-pedagogique-5eme-6eme-primaire-la-metallurgie/)
 - [Egalement disponible pour le secondaire et le supérieur : http://www.mmil.ulg.ac.be/sujet/dossiers-pedagogiques/](http://www.mmil.ulg.ac.be/sujet/dossiers-pedagogiques/)