

# La forge dans le chantier de construction

[22/10/2014 Chantiers de construction Laisser un commentaire](#)

Présenté par [Vincent Granon](#) et [Florian Renucci](#) (Chantier expérimental de Guédelon) lors du [séminaire du vendredi 29 novembre 2013](#).

Le travail de la forge s'inscrit à Guédelon dans une évolution avec des artisans qui se sont succédé, chacun ayant apporté sa pierre :

- Thierry Darques a calé le type d'acier utilisé et l'approvisionnement.
- Olivier Le Clerc et Adrien Lacheny ont maîtrisé la production en taillanderie et ferronnerie en travaillant à deux.
- Aujourd'hui 3 forgerons, Martin Claudel, Vincent Granon et Clément Guérard, tailleur de pierre reconverti en forgeron, recréent le processus de production d'une forge du XIII<sup>ème</sup> siècle et poussent la recherche sur la fabrication de l'acier.



Paris – Bibliothèque Sainte Geneviève, 1126

L'acier utilisé à la forge est du XC 70 (il contient 0,7% de carbone). C'est un acier dur, comparable aux lames d'Opinel. Il a été choisi en comparaison avec des extrémités d'outils médiévaux aciérés.

Plus l'acier contient du carbone plus il est dur. L'acier « doux » en contient moins de 0,3%. Il provient des aciéries du Tarn près d'Albi. Cet acier « moderne » s'obtient par laminage d'une « billette » au format industriel de 8x8x100cm. Les barres sont achetées en profil octogonal de différents calibres pour la production de broches, ou en fer plat pour les ciseaux.

Nous travaillons avec un acier moderne, qui nous permet d'assurer une production, il faut cependant relativiser les données, car l'acier moderne est « pur » c'est-à-dire qu'il est normalisé par composition chimique, et que celle-ci est très précise : sur un même échantillon, la quantité de carbone est pratiquement invariante d'un bout à l'autre. Le fer et l'acier au XIII<sup>ème</sup> siècle sont des matériaux non homogènes, la teneur en carbone varie sur un même échantillon. Ceci du fait de la fabrication (en bas fourneau, matériau non fondu), et de la transformation (feuilletage).

Par ailleurs, on observe très souvent l'association de fer et d'acier par soudure au feu, pour économiser l'acier d'une part, et conserver les avantages de chaque matériau d'autre part. Par exemple, on va réaliser un couteau en fer, avec seulement le tranchant en acier : on conserve la souplesse du fer, et la dureté, le tranchant de l'acier. Ce matériau composite, est utilisé pour les outils et les armes, sur lesquelles il est parfois extrêmement élaboré et très complexe.

Les forgerons et ferrons du XIII<sup>e</sup> siècle (avant et après) n'avaient « que » leurs propres expériences, observations, savoir-faire et ceux des Anciens, ce qui est déjà considérable : environ 2500 ans de pratique...

Les recherches futures consisteront à se rapprocher de la réalité du matériau fer au Moyen-Âge : essayer le grappage, la réutilisation du fer, et les outils composites avec des parties aciérées.



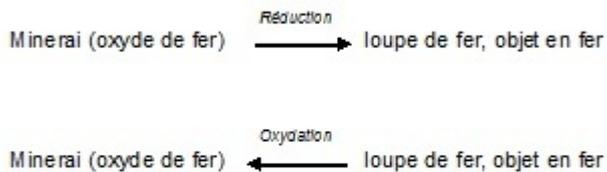
Blacksmith – Livre du trésor, 1326

## 1. Fer et acier : qu'est-ce que l'acier ?

**Le fer** est un élément pur. On le produit à partir de minerai chauffé dans un bas fourneau. L'acier est un alliage de fer et de carbone ; plus il y a de carbone dans l'acier, plus il est dur, mais plus il sera cassant. A partir de 2% de carbone environ, l'acier devient de la fonte, que l'on n'utilise pas au XIII<sup>e</sup> siècle, car on n'atteint pas les températures requises pour la produire (cf. paragraphe sur la production du fer). Lorsqu'on la produit par erreur, elle est rejetée.

Le fer est très ductile, il se forge facilement. Pour cette raison il est employé pour la ferronnerie, les clous, les fers des chevaux, etc. En revanche il ne peut être utilisé pour faire des outils, car il est trop peu résistant. Il a également la propriété de s'associer très facilement au carbone à haute température. Son principal défaut est l'oxydation, communément appelée la rouille, due à l'oxygène.

L'état stable du fer est l'oxyde, ce qui explique qu'à terme toute pièce en fer retourne à l'état de « minerai » : il se passe la réaction chimique inverse de celle produite en bas fourneau. L'acier se « décomposera » bien plus vite qu'un fer pur.



**L'acier** est un matériau de choix pour faire des outils. La présence de carbone le rend « trempable » : en le refroidissant brutalement à une certaine température (entre 750 et 900°C selon l'acier), il va acquérir une grande dureté mais va devenir aussi très cassant. On va donc le réchauffer très légèrement (entre 200 et 350°C), pour lui redonner un peu de souplesse sans trop amoindrir la dureté. Cette opération s'appelle le revenu. Trempe et revenu se pratiquent en fonction de l'acier et de l'usage que l'on va faire de l'outil.

On produit l'acier à partir de minerai chauffé dans un bas fourneau, et par **cémentation**. En effet, le carbone et l'acier s'associent facilement. Le carbone a la propriété de migrer dans l'acier des zones plus fortement carburées vers les zones moins carburées. La vitesse de cette migration est proportionnelle à la température : ainsi, on peut élaborer un acier en chauffant suffisamment longtemps du fer dans un milieu fermé et en présence de carbone (charbon de bois). Ceci peut donc se faire dans le bas fourneau à l'occasion de la réduction du minerai, ou par la suite dans un creuset ou un four spécial.

Ce principe peut être utilisé pour la fabrication de limes et de râpes : on forge une ébauche en fer ou acier doux, on taille les dents, puis on réalise une cémentation superficielle qui permettra de durcir les dents tout en conservant une souplesse au cœur de l'outil

Dénomination moderne	Fer pur	Acier doux	Acier mi dur	Acier dur	Acier extra dur	Fonte
Taux de carbone (% C)	moins de 0,02	de 0,02 à 0,3	0,5	0,6 - 0,9	0,9 - 2	de 2,1 à 6,67
Utilisations à la forge	Ferronnerie, maréchalerie : clous, pentures, fers	Ferronnerie, maréchalerie : clous, pentures, fers	Outillage de forgeron	Marteaux, massette, outils de la pierre, du bois, coutellerie, armement	Armement (tranchants d'épées). Ces nuances d'acier sont plus rares	Néant, mais en fonderie (chaudrons, plaques de cheminées) à la fin du moyen âge

Tableau

: Fer – Acier – Fonte

Il faut bien comprendre que ce tableau correspond à une conception « moderne » de l'acier, car on connaît sa chimie.

## 2. La production d'outils à Guédelon

Les forgerons sont présents partout sur le chantier de construction : non seulement pour la fabrication de l'ensemble des outils mais aussi pour les reprendre, les tremper, les aiguiser. Le fer coûte cher car difficile à produire donc les forgerons transforment en permanence les outils inutilisables en pièces plus petites. Une comptabilité de mise en service des outils est rendue possible par un marquage de chaque outil et un rangement dans des casiers individualisés. Sur l'année, ils entretiennent un stock de 250 outils de tailleurs de pierres et maçons pour 6 tailleurs de pierres et 6 maçons ayant chacun un jeu disponible pour 1 apprenti. Soit  $12 \times 2 = 24$  artisans.

Ce qui fait un peu plus de 10 outils par personne, permettant à chacun d'avoir assez d'outil pour travailler pendant que le forgeron reforge un outil usé. Pour entretenir ce stock, une cinquantaine d'outils sont produit et une cinquantaine est recyclée.



Les tailleurs de pierre : Un éventail d'outil pour le grès et pour le calcaire



L'outillage des maçons



L'outillage des carriers



L'outillage des charpentiers

Mais la reprise des outils est fonction de la manière de travailler du tailleur. Certains usent leurs outils plus vite, d'autres les font durer. Des ouvrages particuliers comme la taille des pierres meulières sont hors norme : jusqu'à 30 broches à reprendre par jour.



#### **4. Les savoir-faire des forgerons**

##### **L'art des chaudes**

Une « chaude » est l'étape de travail depuis la montée d'un outil en chauffe jusqu'à la prochaine chauffe. Un forgeron expérimenté maîtrise les chaudes en produisant des outils avec le minimum de chaudes et synchronisant la chauffe de plusieurs outils (comme un cuisinier qui a plusieurs casseroles au feu).

Un outil comme une broche se produit en 4 chaudes :

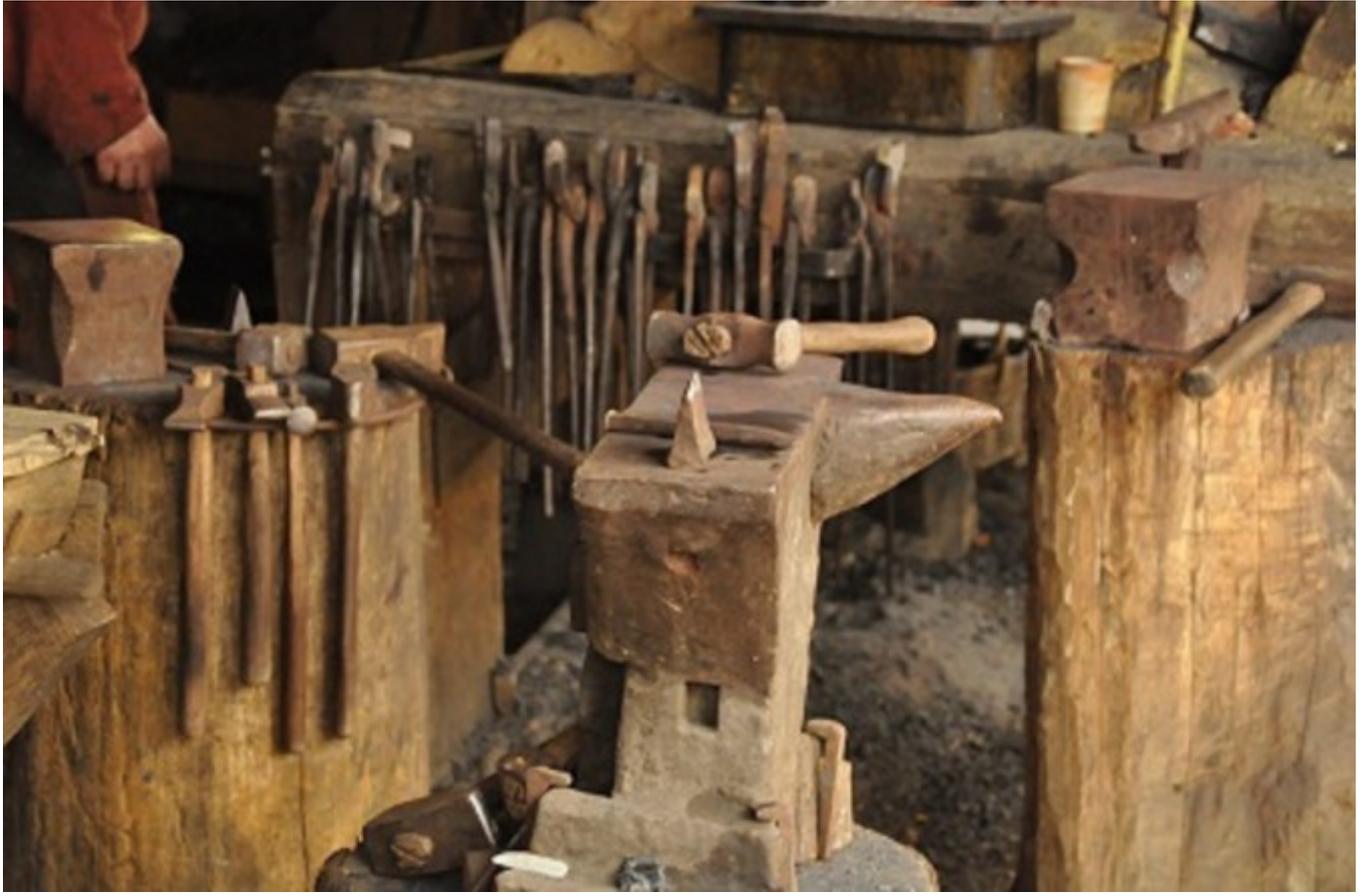
- On chauffe l'extrémité d'une barre et on préforme l'outil, ce qui permet de tenir l'autre côté de la barre d'acier.
- Finition de l'extrémité.
- Chauffe pour couper à chaud en donnant la longueur de l'outil. Puis on préforme l'extrémité d'un second outil.

- Enfin trempe de l'outil. La trempe est un traitement thermique durcissant qui consiste au refroidissement rapide du fer, dans de l'eau ou de l'huile.

Une montée en chauffe se fait entre 1 et 15 minutes, c'est fonction du type de travail et de la masse à chauffer. Une montée en chauffe de grappage (amalgame à chaud de plusieurs morceaux de fer) a pris jusqu'à 45 minutes.

Le matériel : le feu, le tas / l'enclume (cubique), le billot, la tranche, la bigorne, les pinces, la râpe





Les 8 actions : couper, refouler, étirer, plier, percer, souder, tremper, couler



Couper



Refouler



Etirer



Souder



Trempier



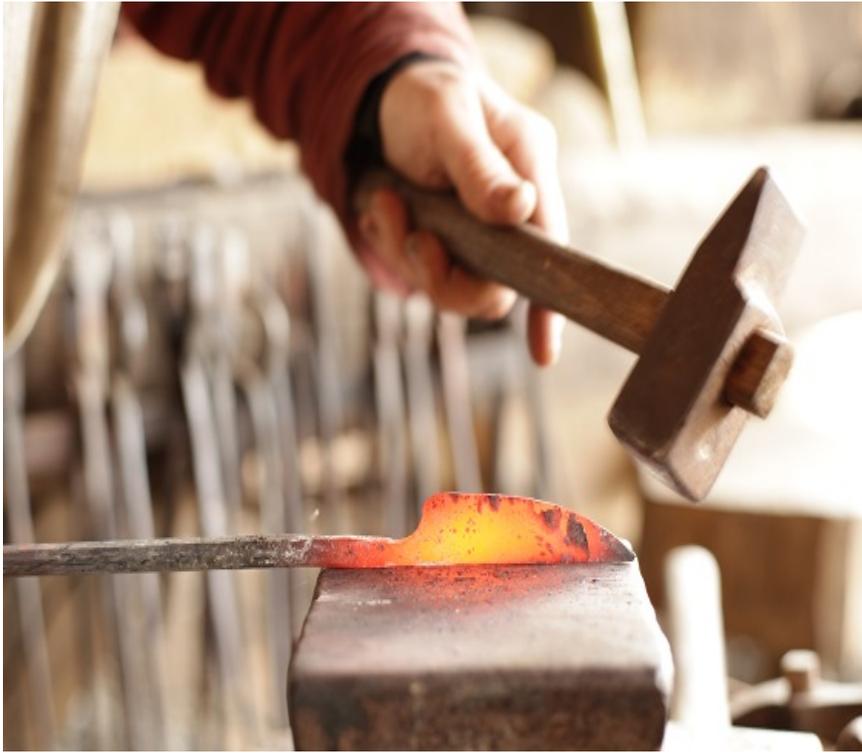
Couler

#### 4. Les temps de fabrication et de réparation des outils de taille de pierre

Outils	Temps de fabrication	Temps de réparation	Forgerons
Broches	20 mn à 30 mn	5 à 10 min	1
Ciseaux	30 mn à 45 mn	15 min	1
Chasses	1h à 1h30	30 min	1
Massettes	2h à 4h		2
Masse	1 journée		2 à 3
Pentures	1 journée		2 à 3
Taillant	1 journée		2 à 3
Hache de charpentier	1 journée		2 à 3
Clous	5 min à 15 min		1



La cloutière (liée ou non à un trou sur le tas)



Le couteau est un outil !



Fabrication d'un couteau



Fabrication d'un couteau –



2

Fabrication de penture



Penture – 1



Penture – 2

## 5. L'atelier et le soufflet

Le soufflet moderne est un soufflet à deux poches avec un système du réservoir d'air à double effet.

Le soufflet médiéval est constitué de deux soufflets synchronisés par un branloire en bois. L'air arrive sur le côté, et non pas par-dessous. Cela a pour avantage de permettre une bonne gestion de l'arrivée d'air, le système fonctionne.



Blacksmith – The Holkhan

Bible, 1327-1335

Idée : Le forgeron doit maîtriser son feu, il peut être aidé d'un « chauffeur » à la condition qu'il soit également forgeron. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, un maître forgeron pouvait être aidé d'un premier et deuxième frappeur ainsi que d'un chauffeur, mais il s'agit surtout d'une équipe de forgerons dont la productivité était accrue par une répartition précise des tâches.



Le soufflet

## 6. Le combustible

**La houille** est combustible moderne qui permet une chauffe plus concentrée mais dégageant une fumée nuisible à la production de fer en bas fourneau.

**Le charbon de bois** est le combustible de la forge. Il suppose une transformation par meules à charbon dans des zones boisées, ou de l’approvisionnement par transport. Sans bois pas de production de charbon, et sans charbon pas de forge. Dans des régions arides, la question se pose de produire un charbon à base de buissons ou d’épineux. Le diamètre et la qualité du charbon sera alors le reflet de la végétation locale.

**La gestion des meules à charbon** : A Guédelon, une meule de 6 stères a été réalisée en 2012. Elle a permis une production de charbon de bois pour la forge et les bas-fourneaux.



## Conclusion

Les forgerons travaillent du fer. Les ferrons sont des métallurgistes, ils fabriquent le fer.

Recherches à développer pour :

- Obtenir de l'acier à partir du grès ferrugineux du site de Guédelon. Il est prévu de construire à Guédelon en 2014 un moulin hydraulique à martinet pour assurer une petite production d'outils à partir du minerai du site.
- Obtenir des outils par grappage.
- Etablir à terme des modes opératoires et des chronologies correspondant de cette production.

---

•

- 
- 
- 

[archéologie expérimentale](#)[FerForge](#)[Forgeron](#)[Guédelon](#)[Outillage](#)[Technique de fabrication](#)

## Navigation des articles

[Article précédent](#)[L'organisation des chaînages dans les murs en pierre](#)[Article suivant](#)[Séminaire du vendredi 14 novembre 2014](#)

### Laisser un commentaire

Votre adresse de messagerie ne sera pas publiée. Les champs obligatoires sont indiqués avec \*

Commentaire 