HAAR-B4200
Séminaire Préhistoire et Protohistoire I -2020-21



Suivi didactique de réductions de fer

Préservation d'un enseignement oral

La Malagne – Juillet 2017
Aubechies - Août 2017

David Waiengnier – élève libre

Avertissement

Suivi didactique par l'auteur

- Instituteur primaire, informaticien, conseiller en prévention sécurité
- Aucune formation spécifique en archéologie

Expérimentations dirigées par M^r^ Louis Baumans †

- Ajusteur-soudeur de formation
- 11 ans d'expérience à Cockerill OSB Seraing
- Candidature en Archéologie et Histoire de l'Art *(1990 – M. Otte)*
- Expérimentateur auto-didacte fer et bronze



Objectif de l'exposé

Préservation d'une transmission orale

- Décès de M^r^ Baumans en 2020
- Aucune trace écrite de son travail

Mr Louis Baumans

Largement reconnu sur les archéosites européens depuis 1995

- Parc archéologique de Beynac (France)
- La Malagne, Aubechies, Arlon (Belgique)
- Vsestary (Tchéquie)
- Neuhaugen, Peppange (Luxembourg)
- Civitella Cesi, Blera (Italie)
- Vicus Eidenberg, Altburg (Allemagne)





Reconstitutions pour des musées

- Carnyx fonctionnel (Libramont)
  (d'après original à Tintignac)
- Pièces en bronze (Langres)

Extraire le fer du minerai = « réduction » ?



?



Réduction de fer = oxydo réduction

Hématite

$3\ Fe_2O_3$
$+\ CO$

Magnétite

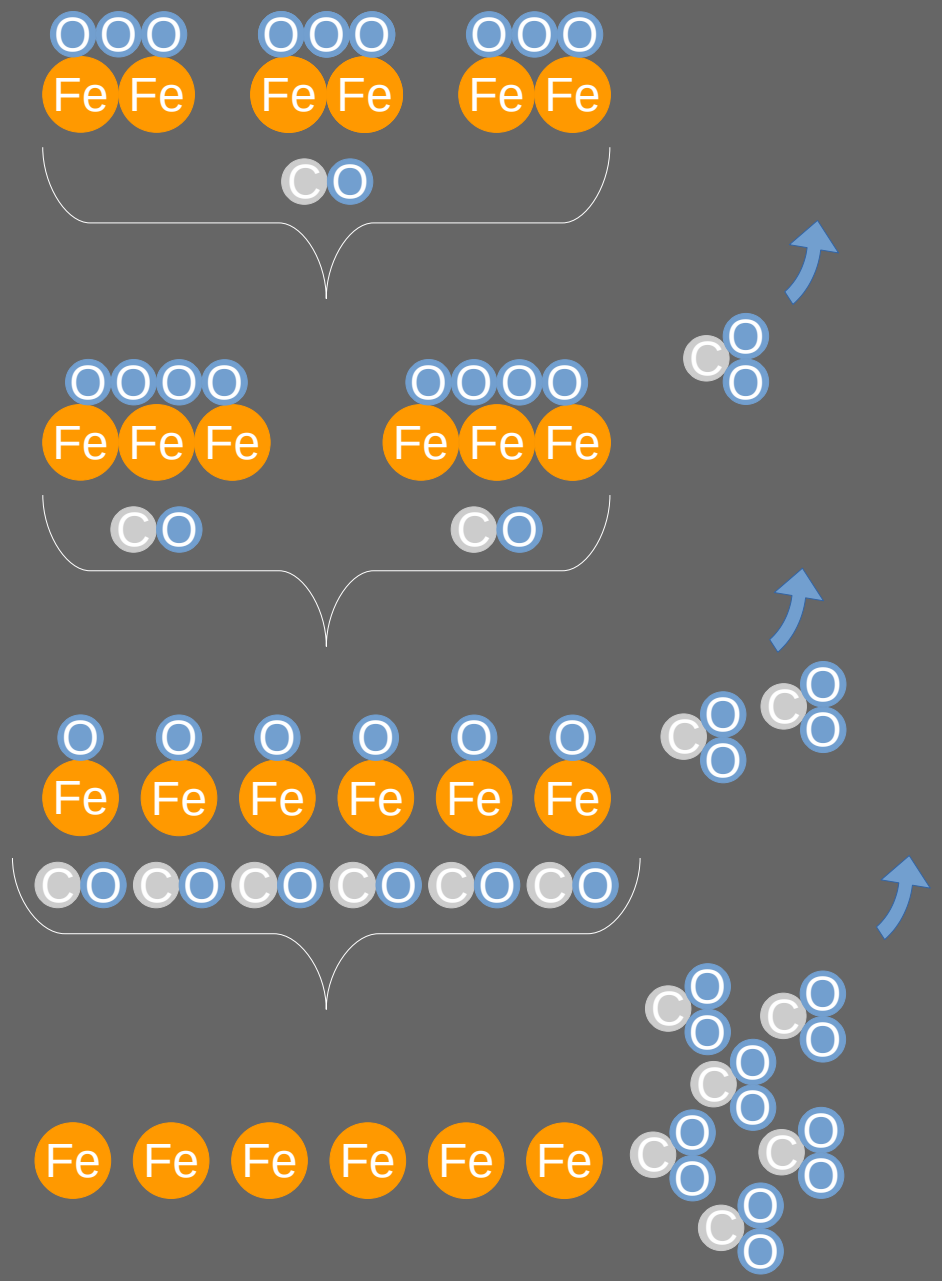
$2\ Fe_3O_4\ \&\ CO_2$
$+\ CO$

Wustite

$6\ FeO\ \&\ 2\ CO_2$
$+\ CO$

Fer

$6\ Fe\ \&\ 6\ CO_2$



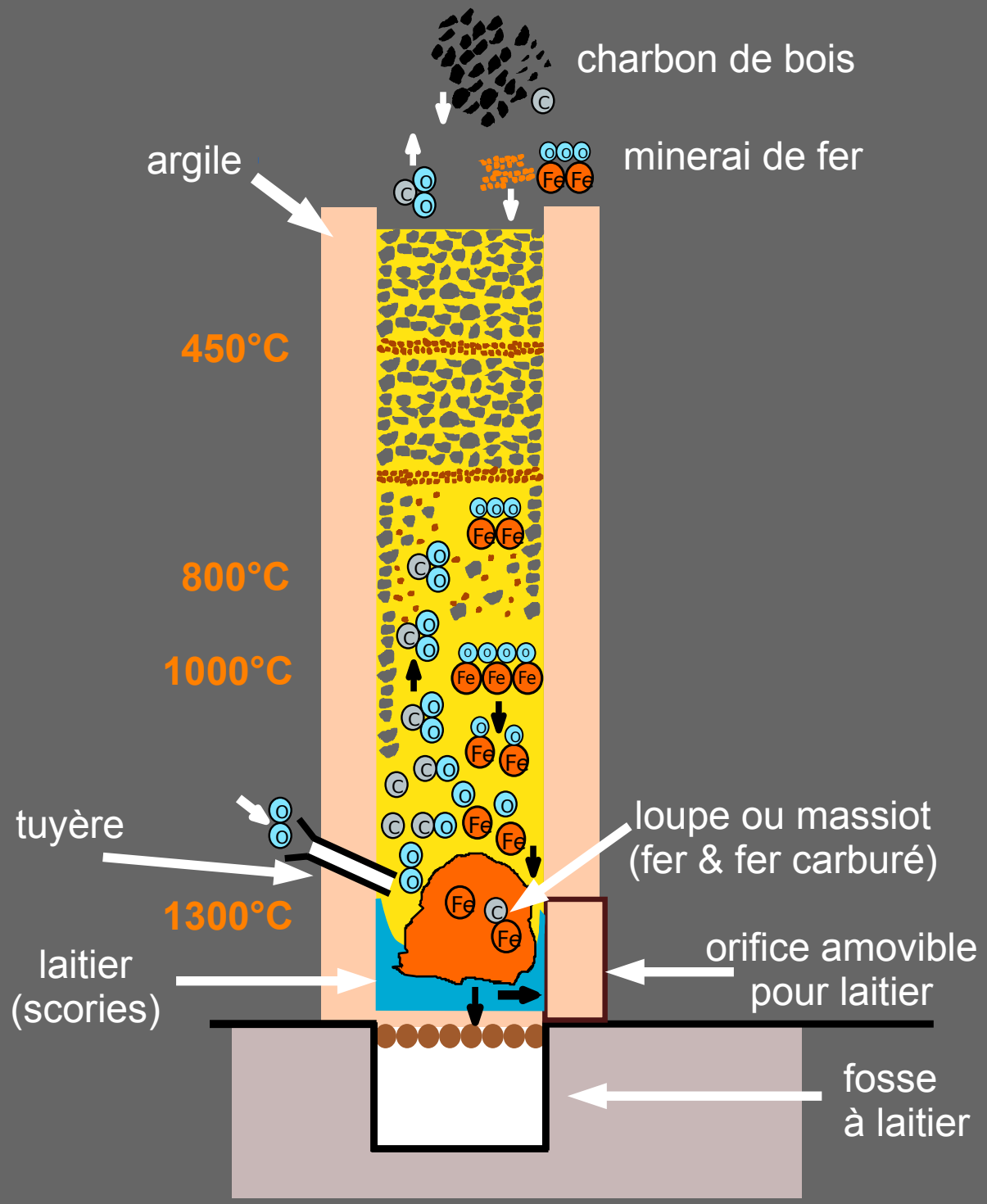
Bas-fourneau

Le minerai de fer
et le charbon de bois
descendent et se réchauffent.

L'air (O_2) amené à la tuyère
et le charbon de bois (C)
dégagent du CO et du CO_2.

Le CO capture l'oxygène
du minerai de fer
et devient du CO_2.

Le fer s'agglomère
en une masse pâteuse (loupe)
et les déchets de silicates
et alumines de chaux
(laitier-scories) s'écoulent
sous forme semi-liquide.



Cadre des reconstitutions

Démonstrations « grand public »

A) **La Malagne** – Archéoparc de Rochefort

Week-end gallo-romain – 22 & 23 juillet 2017

B) **Aubechies**

Week-end « d'archéologie expérimentale » – 26 & 27 août 2017

Equipe

- Bénévoles et amateurs
  (2 pour la séance A - ventilation mécanique)
  (8 pour la séance B - ventilation manuelle)
- Mr Baumans



Déroulé

- Jour – x : bas-fourneau
- Jour 1 : réduction
- Jour 2 : lingot

Objectif : obtention d'un lingot de fer

Postulat de base

- Peu de traces de bas-fourneaux, détruits durant le processus
  => reconstitution par essais et erreurs



Extraction

- Extraction : mode inconnu
  Récolte sur le terrain ?
- 60 % fer, sans soufre ni phosphore

Métallurgie primaire

- Désydratation (grilloir) : mode inconnu
- Calcination (foyer à étagère)
  - élimination du soufre au bois vert, max 400°C : mode inconnu
  - élimination du phosphore : mode inconnu
- Concassage : mode inconnu
- Charbon de bois (sacs commerce)



Montage du bas-fourneau « A »

1. Fosse à laitier (silice) *(Tchéquie)*

- Petite fosse circulaire
  - > 25 cm de diamètre
  - > 15 cm de profondeur







- Plancher de branches et d’argile

Montage du bas-fourneau « A »

2. Cheminée du fourneau

- Briques de terre crue & paille séchées à l'avance

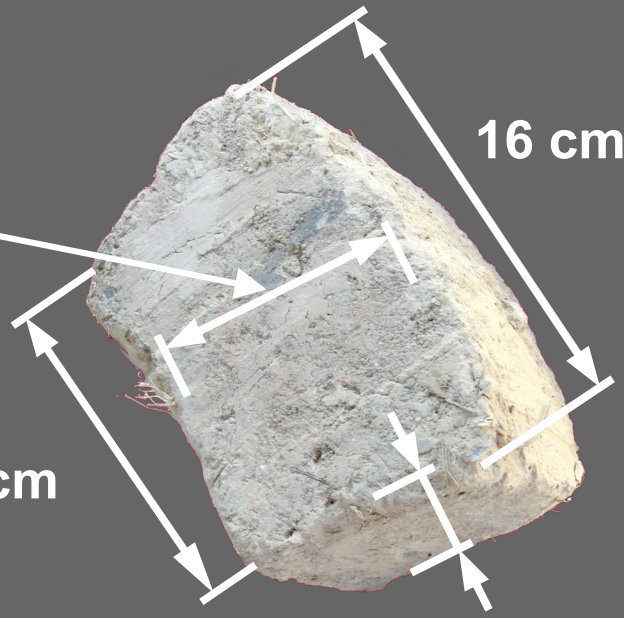


- Assemblage possible le jour même (séchage rapide des joints)

Dimensions (essais-erreurs)



130 cm
(13 briques + joints)



25 cm
(diamètre intérieur)





Bâton pour emplacement tuyère
A 2 briques de hauteur, angle de 22 °

Fin du montage

3. Tuyères

- Pièce en terre crue
- Placé en fin de construction

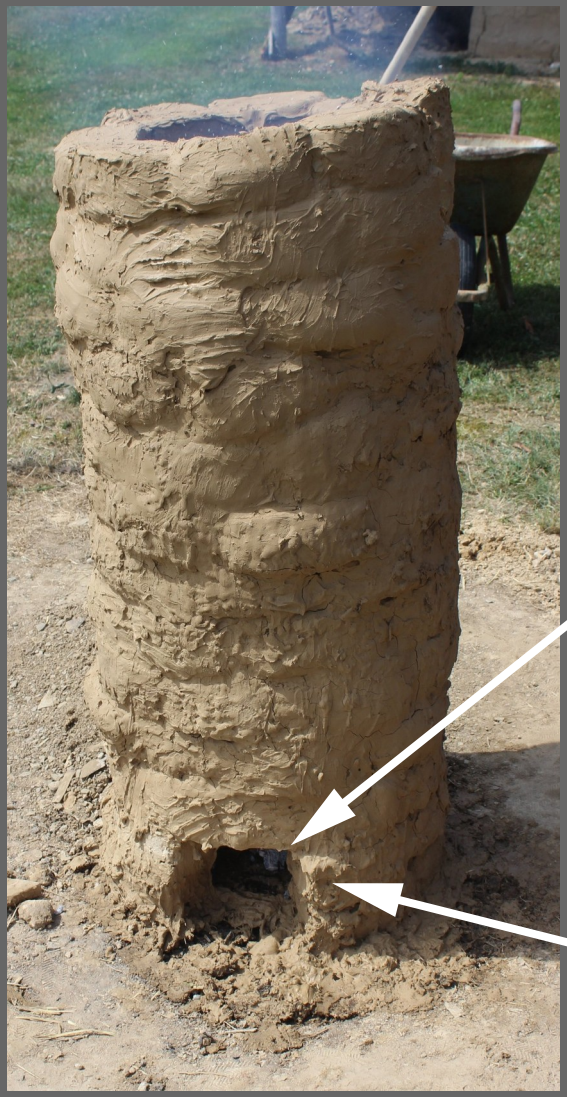


Bas-fourneau « A »



Bas-fourneau « B »

Bas-fourneaux opérationnels



Orifice pour écoulement laitier

Bouchon élaboré

Simple brique



Bas-fourneau « A »
(assemblé le jour même)

Bas-fourneau « B »
(assemblé 15 jours avant)

Démarrage de la réduction

Allumage

- **Remplissage** complet du bas-fourneau avec du **charbon de bois**
- **Allumage** par le bas (orifice laitiers)



- Quand les **flammes** apparaissent au sommet, **l'orifice des laitiers est refermé**.



- Les flammes apparaissent parfois sans prévenir, avec une petite explosion des gaz combustibles dégagés !



Ajout du minerai et du charbon de bois

Matières premières

- Minerai de fer : 50 kg
- Charbon de bois : 50 kg

Ajout dans le bas-fourneau

- En alternance de couches
- 1 kg minerai / 1 kg charbon de bois





Rythme

- Charge = 1 kg minerai – 1 kg charbon
- Chargement = toutes les 10 minutes
- Vitesse : 2 briques / 10 minutes
- 6 kg minerai à l’heure

Ventilation forcée

Température cible : 1.350°C

- Ventilation continue
- Ne pas dépasser la température cible (1.538°C = fonte)
- Ne jamais redescendre en température



Bas-fourneau « A »
ventilateur « escargot »



Bas-fourneau « B »
2 soufflets

Réglage de la vitesse

Plus d'air = combustion plus rapide

=> jouer sur l'apport d'air

Distance - orientation du ventilateur



Rythme des soufflets



Ventilation continue

- Ventilateur

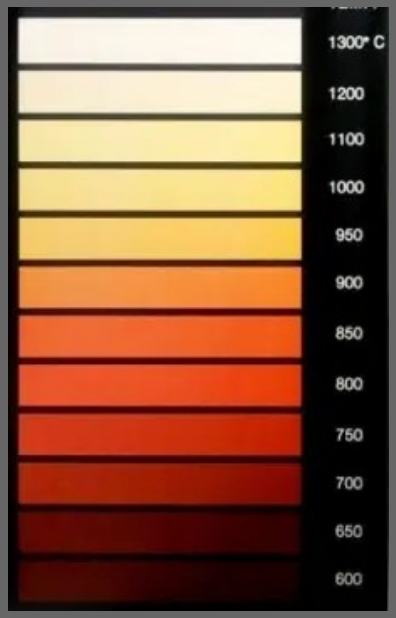
-Soufflets en alternance

Evacuation des premiers laitiers

Contrôle de l'état de la réduction

- couleur, mouvement des laitiers
- évacuation des laitiers (silices)

Tableau des t°





Vue par l'orifice de la tuyère

Perçage du plancher



Combustion finale

- Alimentation minerai-charbon & ventilation forcée des heures durant
- Jusqu’à épuisement du stock de minerai
- Les parois sont vitrifiées par le laitier





Fin de combustion

Extraction de la tuyère





Perçage du bas du fourneau

- évacution des laitiers

Démantèlement du bas-fourneau

Démontage à la pince

- Certaines briques récupérables

Récupération de la « loupe »

- Loupe – massiot – éponge
- Encore à 800°C







Préparation de la loupe

Récupération de la loupe…





Nettoyage des scories périphériques

Compactage de la loupe



Montage d’un foyer

- En forme de fer à cheval
- Briques de terre ou argile
- Assemblé le jour même

Chauffe de la loupe



Compactage

- Allers et retours continus entre le foyer et l’enclume
- 4 à 5 coups de masse à chaque passage sur l’enclume
- Consistance d’un sucre caramélisé





Lingot final



Plusieurs heures de travail

- Risque de fracture de la loupe
  => travail de précision

Forme du lingot final

- Variable





Futur ?



Poursuite des expérimentations
- Avec Céline Baumans

Avec vous ?
- Besoin de souffleurs :-)

Merci pour votre attention !