



HAL
open science

Essai sur la métallurgie des fibules gauloises

Jean-Luc Maire

► **To cite this version:**

Jean-Luc Maire. Essai sur la métallurgie des fibules gauloises. *Revue archéologique de Picardie*, 1983, Les Celtes dans le nord du bassin parisien. Actes du Ve colloque de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer, 1, pp.162-164. 10.3406/pica.1983.2992 . hal-02536286

HAL Id: hal-02536286

<https://hal.science/hal-02536286>

Submitted on 8 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

- (5) - «Gain» de poids par oxydation des composés ferreux contenus dans l'argile verte du sannoisien (l'éprouvette devient rouge brique).
 (6) - Réduction de certains éléments à l'état gazeux.

Commentaire sur les variations volumétriques :

- (A) - Perte de volume par départ de l'eau de pétrissage et de l'eau libre.
 (B) - Perte brutale liée à la réduction de certains éléments et de la fusion (vitrification) ; la pâte présente l'aspect d'un verre cassant.
 (C) - Gain de volume important par «mâcheférisation» (inclusions de bulles de gaz). On s'aperçoit donc que les modifications les plus importantes de la structure de la pâte apparaissent, pour cette argile, entre 800 et 1100°C.

Un vase fabriqué avec cette argile, aurait été correctement cuit à 800°C ; l'expansion de la pâte par inclusion de bulles gazeuses atteint son maximum à 1100°C. Ces 1100°C correspondent à une température atteinte aisément dans un grand feu normalement aéré comme un bûcher d'incinération.

D'autres argiles ont subi ces mêmes tests :

- L'argile plastique du Sparnacien ne présente pas de mâcheférisation même à 1150°C ; c'est une argile pauvre en carbonates. Son utilisation en atelier de poterie est limitée par le fort retrait qu'elle donne à basse température (20-80°C).
- Une argile prélevée dans les niveaux intercalaires des assises gypseuses est affectée d'une importante expansion dès 750°C.

Il reste une quantité importante d'essais à réaliser sur d'autres argiles brutes, mais nos efforts doivent porter sur l'étude thermogravimétrique des *sols*, comme les limons des plateaux, les éboulis de pente, les biefs argileux locaux qui tous ont dû être sollicités les premiers par les potiers antiques. En effet, la démarche de recherche d'argiles pures auxquelles on adjoint des dégraissants calibrés n'apparaît qu'avec une pré-industrialisation de la fabrication de la poterie.

ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SOLS ARGILEUX - limites d'ATTERBERG.

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre différents d'un sol argileux :
 - la limite de liquidité L1 ou W1 marque le passage de l'état liquide à l'état plastique.
 - La limite de plasticité Lp ou Wp marque le passage de l'état plastique à l'état solide avec retrait (état friable).
 - La limite de retrait Lr ou Wr marque le passage de l'état solide avec retrait à l'état solide sans retrait.
 Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol argileux à l'état de transition considéré et sont exprimées en pourcentage du poids du matériau sec.

L'intervalle entre deux limites consécutives définit la zone des teneurs en eau qui correspondent à un état déterminé et la différence entre deux limites consécutives définit l'étendue, dans l'échelle des teneurs en eau, de ce même état physique. (Extrait du *Manuel du laboratoire routier* - L.C.P.C. - PARIS)

On remarque l'utilité de la détermination de ces limites que l'on pratique à «froid» sur un sol argileux (de 20 à 105° C).
 - Le potier prépare sa pâte aux alentours de W1
 - Il façonne son vase entre WL et Wp et proche de WP
 - Il expose son travail au séchage entre Wp et Wr.
 - Wr représente en fait, la différence de volume du vase entre le moment où il est pétrit et le moment où il est enfourné pour la cuisson.

Ainsi, pour que nos tests s'approchent de la réalité, nous procédons au moulage des éprouvettes au moment où la pâte d'essai atteint Wp.

BIBLIOGRAPHIE

- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - «Les sols de fondation» in *Manuel du laboratoire routier*.
 C.A. JOUENNE (1960)-«*Céramique générale, notions de physico-chimie*» Gauthier-Villars, Paris.
 I.A. VOINOVITCH (1971) - «*Analyse minéralogique des sols argileux*» Eyrolles, 1971 - PARIS.
 G. MILLOT - «*Géologie des argiles*», Masson - Paris.
 R. SIERRA, A. BERNARD, J. LOUVRIER (1967) - «La chaux libre des ciments : son dosage. *Bulletin de liaison des labos des P et C. 7*, n° 7, vol. 49.
 R. SIERRA, A. BERNARD (1964) - «Analyse thermogravimétrique, sols argiles, ciments». *Bull. liais. des labos des P et C. 5*, 2.1, 2.12.
 LECRIVAIN (1956) - «Méthodes d'études en laboratoire des roches utilisées en céramique. Analyse thermique des minéraux argileux.» in *Industries céramiques* - Paris.

ESSAI SUR LA METALLURGIE DES FIBULES GAULOISES

par Jean-Luc MAIRE *

Le dégagement, puis la restauration, des fibules en fer de la Nécropole d'Epiais-Rhus soulèvent quelques questions quant à la métallurgie de ces objets.

A sa mise au jour, la fibule apparaît habituellement sous l'aspect d'un amas informel d'oxyde de fer associé à une partie du milieu de conservation (il s'agit, ici, de sable fin propre).

Si cet amas représente assez souvent la forme de l'objet, certaines fibules deviennent difformes, affectées :

- d'excroissances bulbeuses
- d'excroissances discoïdes
- de renflements doublant ou triplant la section de la structure originale.

Ces trois formes principales d'oxydation semblent se localiser en des points précis de la fibule.

- 1 - LES EXCROISSANCES BULBEUSES

Elles peuvent atteindre un volume de 2 à 3 cm³ quelle que soit la grosseur de la fibule et se localisant principalement :

- A la naissance de l'arc au sortir du ressort
- Au niveau du porte ardillon

- c) - Sur le retour du porte ardillon sur l'arc (agrafage)
- d) - Quelquefois sur le ressort.

Les bulbes isolés ou associés en grappe se présentent sous la forme d'une enveloppe très dure de rouille (environ 1mm d'épaisseur) mêlée de sable, remplie d'une poudre jaunâtre à blanchâtre où le sable prédomine. La racine de ces bulbes est constituée par la structure de la fibule avec peu de pénétration dans le métal original.

- 2 - LES EXCROISSANCES DISCOIDES

Si elles rappellent les nummulites par leur forme, elles ne dépassent que très rarement 1 cm de diamètre et se concentrent principalement sur le ressort.

Ce sont des disques en rouille très dure composés de deux «valves» en oxyde massif (épaisseur variant de 1 à 2 mm) emprisonnant un vide étroit dans lequel existent toujours des cristaux marron ferreux et filamenteux à terminaison arrondie. Il s'agit de goethite de néogénèse qui vient souder les deux «valves» de la concrétion.

Cette forme d'oxydation se développe à partir de la structure même de la fibule et ses «racines» ont leur origine dans un éclatement du fer.

- 3 - LES RENFLEMENTS

Ce sont les oxydations les plus fréquentes qui se développent sur :

- a) - L'ardillon
- b) - L'arc
- c) - Le retour du porte ardillon vers l'arc.

En section le fil circulaire ou ovale n'apparaît plus, complètement désagrégé. C'est le phénomène normal de développement de la rouille que nous connaissons bien. C'est aussi cette forme d'oxydation qui est la plus représentée, couvrant souvent 90 % des structures. Mais si la fibule n'est plus aussi fine que lorsque quelques parties intactes subsistent, l'aspect est néanmoins conservé. Au moment de la restauration, ces trois formes principales d'altération, généralement associées sur un même objet, amènent bien des problèmes de traitement. Si les excroissances bulbeuses s'éliminent assez facilement par brossage puis par meulage fin, les excroissances discoïdes sont très résistantes et ne peuvent être détruites qu'avec prudence pour ne pas affecter la structure originale. Ce sont, en fait, les renflements faisant éclater la forme qui sont les plus délicates à traiter : il faut approcher au plus près de la ligne d'origine en consolidant à l'avancement avec des résines de synthèse, sinon la structure se ruine en de fins débris.

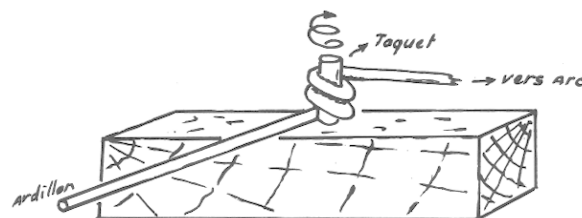
Les travaux de dégagement, de restauration et les observations décrites plus haut nous ont amené à essayer de comprendre pourquoi telle forme d'oxydation se développe dans certaines zones plutôt que dans d'autres. Procéder à des analyses fines ne nous aurait rien appris sur les différents oxydes nés du fer ni sur les apports du milieu de conservation (carbonates, silicates, etc.). Il ne nous restait plus que la méthode analogique : fabriquer une fibule et noter comment chaque portion du fil de fer devait être traitée pour obtenir chacune des formes de la fibule.

Nous sommes partis d'un fil de fer doux de 3 mm de diamètre (baguette d'apport pour soudure autogène), pour tenter de réaliser une fibule dont l'aspect final «cadrerait» avec la moyenne des formes des fibules trouvées à Rhus (type ressort extérieur à 4 spires).

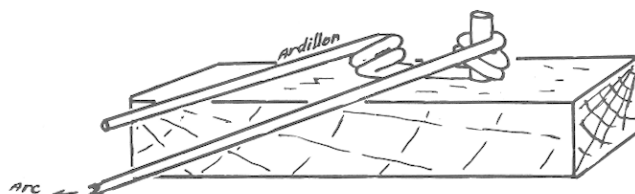
Il nous a semblé que la longueur de l'ardillon déterminait le reste de la forme. En effet : partant du porte-ardillon, on a peu de chance de tomber sur une longueur exacte de l'ardillon. Il serait, ou trop long (on peut couper le fil) ou trop court et la soudure fer/fer, par martelage, ne nous semblait pas pratiquée à l'époque gauloise.

Voici succinctement, les différentes phases de la fabrication d'une fibule :

1) - On détermine la longueur de l'ardillon puis, en chauffant au rouge le fil au niveau du futur ressort, on enroule un empilement de spires autour d'un taquet de fer maintenu ferme.



2) - Même opération pour l'autre partie du ressort.



3) - Chauffage, au rouge, du retour du ressort encore à plat et cou dage à 90°, idem par l'autre enroulement.



Pour ces différentes phases, les contraintes thermiques ont été très élevées et répétées. Les contraintes mécaniques sont moindres, mais la torsion importante du fil implique une micro-fissuration malgré le chauffage au rouge.

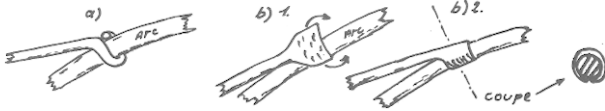
4) - Les courbures de l'arc demandent une simple torsion à froid.

5) - La fabrication du porte-ardillon nécessite un intense forgeage à chaud pour aménager la gouttière recevant l'ardillon. Les contraintes mécaniques sont, ici, plus importantes que les contraintes thermiques.

6) - L'agrafage nécessite soit :

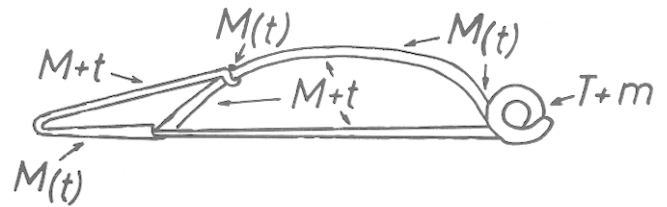
a) - une torsion du fil autour de l'arc

b) - soit un forgeage pour fabriquer des «ailerons» qui viendront ceinturer l'arc.



7) - La pointe de l'ardillon peut s'aménager à froid par forgeage du fil.

Le profil schématique de la fibule réalisée montre les portions du fil de fer annotées selon l'importance du forgeage (contraintes mécaniques) et du chauffage au rouge (contraintes thermiques) que nous avons dû effectuer.



La lettre la plus grande matérialise la contrainte dominante (T = contrainte thermique, M = contrainte mécanique).

Aux paragraphes précédents, nous avons remarqué que les zones notées ici :

M (t) portaient des oxydations normales sous forme de renflements

M + t portaient des oxydations bulbeuses

T + m montraient des excroissances discoïdes.

Cette comparaison montre que l'exhubérance des oxydations est fonction de l'intensité du traitement par forgeage à chaud. Les excroissances discoïdes s'expliquent par la prédominance des contraintes thermiques sans forgeage (uniquement déformation par torsion) à chaud. S'agit-il des conséquences d'une trempe élémentaire à l'air ?