De la néguentropie

Mais qui est Philippe Fluzin ? Ou de quoi est-il le nom ?

Nicolas FLORSCH

Professeur émérite à Sorbonne Université

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9889

Résumé : La science s'inscrit dans une longue histoire, depuis les savoirs antiques jusqu'aux découvertes modernes. Chaque génération de chercheurs s'appuie sur celles qui l'ont précédée, qu'il s'agisse de lois fondamentales ou d'inventions techniques. Le travail scientifique vise ainsi à créer de l'ordre et du savoir face au désordre naturel qu'on appelle entropie. Le sens ultime de cet effort échappe sans doute à notre compréhension limitée, mais il laisse derrière lui quelque chose d'essentiel : un héritage de connaissances qui, même provisoires, enrichissent l'humanité.

Abstract: Science has a long history, from ancient knowledge to modern discoveries. Each generation of researchers builds on those that have gone before, whether in terms of fundamental laws or technical inventions. The aim of scientific work is to create order and knowledge in the face of the natural disorder known as entropy. The ultimate meaning of this effort may escape our limited understanding, but it leaves behind something essential: a legacy of knowledge that, however provisional, enriches humanity.

La vie scientifique, ou du scientifique, est comme un arbre. Il y a bien sûr les racines, qui prélèvent dans un passé lointain la première nourriture. Pour tous les savants, les racines sont mésopotamiennes, grecques, égyptiennes, puis romaines, arabes et ainsi de suite. Puis, il y a le tronc, le socle solide institué par les géants, qu'ils assoient les lois fondamentales (Newton) ou fassent des inventions de rupture, comme les transistors qui constituent par millions le cœur de nos smartphones. Viennent les branches comme autant de développements diversifiés, pour finir aux bourgeons que l'on peut identifier, dans toutes ces métaphores un peu triviales, du doctorant en prise avec son sujet au vieux professeur émérite.

Qui est où dans cette construction est affaire de contingence, mais la téléonomie est connue des thermodynamiciens : tout le travail de l'homme est consacré à diminuer l'entropie, à lutter contre les forces égalisatrices de la nature qui ne semblent vouloir que l'augmenter. Les croyants rattachent cet extraordinaire mouvement à Dieu, « de

l'Alpha à l'Omega ». Pour les moins croyants, cela reste un mystère, en particulier depuis Darwin, sauf à admettre que l'on recule pour mieux sauter dans la fin thermique qui nous attend dans un univers uniforme et immobile. Bah, nous ne serons plus là pour le voir, alors, encore, vivons.

En attendant, ceux qui le peuvent travaillent, fournissent l'énergie pour « fabriquer » de la néguentropie. Bien malin qui peut en comprendre le sens, ou plus exactement le pourquoi, de cet effort. Il se peut que cette compréhension soit inaccessible à nos cerveaux limités dans l'espace et dans le temps, rapportés aux dimensions spatiotemporelles de l'Univers ; au moins reste-t-il, pour une courte durée, quelque scorie de l'accumulation de connaissances pour notre propre usage.

Je présente ici une brindille de cette pousse arboricole, celle qui a participé de la prospection magnétique pour la paléométallurgie. La pichenette initiale d'un responsable de labo dont il est question dans ce verbatim a porté de nombreux fruits qu'il serait laborieux de décliner à la Prévert. Aucun doute qu'ils ont mûri grâce à la confiance, ce carburant étonnant de nos actions. Nous en décrivons ici un échantillon, qui démontre que pour ma discipline, la géophysique ici appliquée à la paléométallurgie, il y a un « avant Fluzin » et un « après Fluzin ».

La connaissance est un trésor,
mais la pratique en est la clef.
Lao Tseu.

Nous sommes au début des années 90, autant dire vers la fin du siècle dernier. Je suis jeune Maître de Conférences ne maîtrisant évidemment pas la discipline que je prétends déjà promouvoir. À quel âge a-t-on le recul ? De la géophysique, ma discipline, je ne connais alors qu'un peu de théorie, comme tous les ingénieurs frais émoulus de leur école (l'École et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg pour ma part).

J'ai toujours connu, me semble-t-il, la vallée de Sainte-Marie-aux-Mines, mais ces mines, je viens de les découvrir, à travers une modeste spéléologie minière. Cela relève de la curiosité qui m'a conduit par ailleurs vers les sciences de la Terre. De loin, je vois qu'il y a des passionnés et en particulier je perçois une curiosité encore plus grande chez un Pierre Fluck, engagé dans l'archéologie minière d'avant l'adolescence. C'est un enfant de la vallée. Cela me conduit à l'idée : « Mais ne pourrait-on pas appliquer les méthodes géophysiques d'investigation du sous-sol à l'archéologie » ? Je réinvente là la poudre… Mais en France cette idée n'est pas répandue. Il y a bien, à Garchy, perdu dans la Nièvre[1], quelques chercheurs qui s'y consacrent (Albert Hesse, en particulier), mais elle est considérée comme un peu péjorative par les « grands géophysiciens », car « appliquée ».

Toutefois, cela me tente. Je commence doucement. S'agissant des vestiges de l'activité minière, il y a des fours. Martine Amalvict, une de mes enseignantes en géophysique, me fait connaître le travail de Patrice Cressier, historien médiéviste au CNRS. Historien médiéviste ? Curieux est le destin. Il a fait la même école que moi, et son premier

[1] http://cnrs-garchy.overblog.com/un-peu-d-histoire le site est aujourd'hui « urbex » !

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

travail a concerné la prospection magnétique appliquée à la recherche des fours de potiers. Mais, à l'instar de quelques exceptions en provenance des « sciences dures », il s'est transmuté en véritable historien et archéologue réputé du CNRS (sévissant notamment à la Casa de Velasquez). Comme quoi, elles ne sont pas si dures.

Je « sais » donc que les « ateliers de métallurgie » – en fait tous les ateliers de l'art du feu – laissent des vestiges magnétiques, invisibles à nos sens, mais pas à nos instruments. Le plus souvent, cela vient de la transformation (par la température) de la maghémite en magnétite, effet connu sous le nom d'« effet Le Borgne ».

Il s'agit alors de convertir cet invisible en visible, cela se fait bien en transcrivant le champ magnétique en carte, évidemment grâce à une couverture de mesures adaptée. En me documentant, je vois comment faire, la pratique et l'expérience feront le reste.

Mais il faut un instrument. Le plus traditionnel est le magnétomètre à proton (qui est le noyau de l'hydrogène). Je passe les détails techniques, disons qu'il permet de faire une mesure en 3 secondes, avec une précision de l'ordre du « nanoTesla », qui est 1/50000e du champ magnétique terrestre[2]. Pour l'utiliser, il faut faire une carte point par point, sur une « grille » puis transférer les données sur un ordinateur, puis tracer la carte et enfin, l'interpréter.

Mais voilà, pour tout cela, il faut s'adresser au marché pour acquérir cet outil. Et c'est Philippe Fluzin qui va trouver l'argent, et qui, pour cela, aura parié sur deux verrous cruciaux : faire confiance au jeune chercheur inexpérimenté, et se convaincre que la prospection magnétique va apporter quelque chose à l'archéologie des métaux. Deux confiances, sans lesquelles…

Dans ce temps-là (et parfois encore maintenant ?), peu de personnes savent faire de la prospection magnétique en France. La technique n'est pas élémentaire, il ne s'agit pas d'appuyer sur un bouton, qui ferait sortir l'image toute seule ! Il faut prendre en compte l'environnement (magnétique) proche, et surtout savoir compenser les variations magnétiques naturelles, supérieures en quelques minutes parfois, au champ que crée la cible archéologique. Ne pas oublier non plus de se « démagnétiser » ! Je me souviens de quelques cuisants échecs : antivols en acier dans les chaussures (invisibles, bien sûr), anneau de fer dans un chapeau, et même éclat de grenade dans le coude (la guerre, chez un ancien).

Pendant plusieurs années, je consacrais mes étés à effectuer des prospections magnétiques, guidé en cela par Pierre Fluck qui identifiait les prospects pertinents. Souvent, les découvertes étaient des poches à scories, ou des restes de forge. Le problème est que si un vestige de l'art du feu produit une « anomalie magnétique », cette dernière ne dit rien sur la nature de sa source. On a trouvé, en plein site archéologique XVIe, enterré à 1,5 m de profondeur, un poêle de cuisine d'une garnison installée sur une plate-forme, datant de 1870. Une autre fois, c'est une grenade non dégoupillée (mais bien rouillé, danger !) de la période de 39-45. Les militaires profitaient des plateformes topographiques créées par les mineurs pour leurs installations….

[2] Aujourd'hui, avec les magnétomètres à Césium ou autres « flux-gate », la vitesse de mesure et la précision ont toutes deux été multipliées par 100.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Toute cette période, j'étais rattaché comme « extérieur » à l'UPR-A0423, le « labo Fluzin », qui me donnait une place de liberté. Il faut en parler, car sur cette période (disons les années 80 à 2000), le degré de liberté atteint dans certains labos était particulièrement fécond.

Je ne suis malheureusement pas philosophe pour bien expliquer le lien entre la liberté du chercheur et la fécondité, la créativité, la puissance scientifique de ce dernier. Que l'on songe au nombre de grandes découvertes que l'on doit à la liberté de penser, dont Einstein est une icône. Plus modestement, j'ai surfé sur cette liberté, pour avancer avec ces prospections, surtout magnétiques, en zone montagneuse. Au passage, je formais des nouveaux prospecteurs, amateurs ou plus professionnels, qui ont exploré les montagnes de leur côté (Alain Claude dans le département des Vosges, Argitxu Beyrie au Pays basque, pour ne citer qu'eux). Toujours avec ce magnétomètre à proton, le GSM-19T acquis grâce à Philippe. J'effectuais nombre de prospections en dehors du district Sainte-Marien, avec Benard Bohly dans les Vosges du Sud, avec Alain Faivre en Franche-Comté, et j'ai formé Ludwig Eschenlohr à utiliser plusieurs générations de magnétomètres, dont il a fait un usage extraordinaire[3].

La suite serait trop longue à raconter, elle est un arbre et je n'ai parlé que de sa sortie de terre. Le magnétisme a évolué avec la technologie. Des prospections magistrales dans les années 2000 (comme celle d'Apamée-Zeugma sur l'Euphrate) sont une des branches de l'arbre. Je ne dirais pas que notre affaire a essaimé dans le monde, mais en France, cette amorce a constitué et même institué la prospection magnétique en zone montagneuse[4]. Les ateliers identifiés par Argitxu Beyrie, ceux trouvés par Florian Téreygeol à Melle et Aulus-les-Bains constituent de beaux exemples, et il en est de nombreux autres.

Tout cela fut rendu possible grâce à l'ouverture d'esprit initiale puis continue de Philippe Fluzin et de son laboratoire. La confiance s'est traduite par une bienveillance à distance, et chaque fois que j'avais des interactions avec son laboratoire, cette bienveillance était sensible.

Voyons un exemple.

À Sainte-Marie-aux-Mines, nous avons un cas emblématique du paradigme de la prospection géophysique, à savoir que cette dernière travaille par négatif interposé, ou par élimination. Le cas du site de Bonhomme est certainement le plus frappant. Ce cas peut nous servir d'exemple. Le site de traitement du minerai est décentralisé dans une vallée voisine, certainement du fait de l'épuisement du bois à Sainte-Marie-aux-Mines. Il comporte de nombreuses plateformes horizontales sur les pentes (typiquement 5 m x 15 m) qui pouvaient porter des ateliers divers et des habitats.

[3] https://www.livre-rare-book.com/book/5472433/108279.

[4] La montagne est particulière, les petites plateformes de quelques ares au plus ne se prêtant pas aux prospections tractées des prestataires qui facturent à l'hectare. Ainsi, de nombreux sites sont quasi orphelins, faute de prospection effectuée, pour ainsi dire, à perte.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

La première élimination, naturelle, consiste à n'explorer que ces plateformes. Ensuite, on y effectue des prospections magnétiques. Le plus souvent, elles sont infructueuses : il n'y a rien, ou alors quelque ferraille agricole ou autre qui vient polluer le signal.

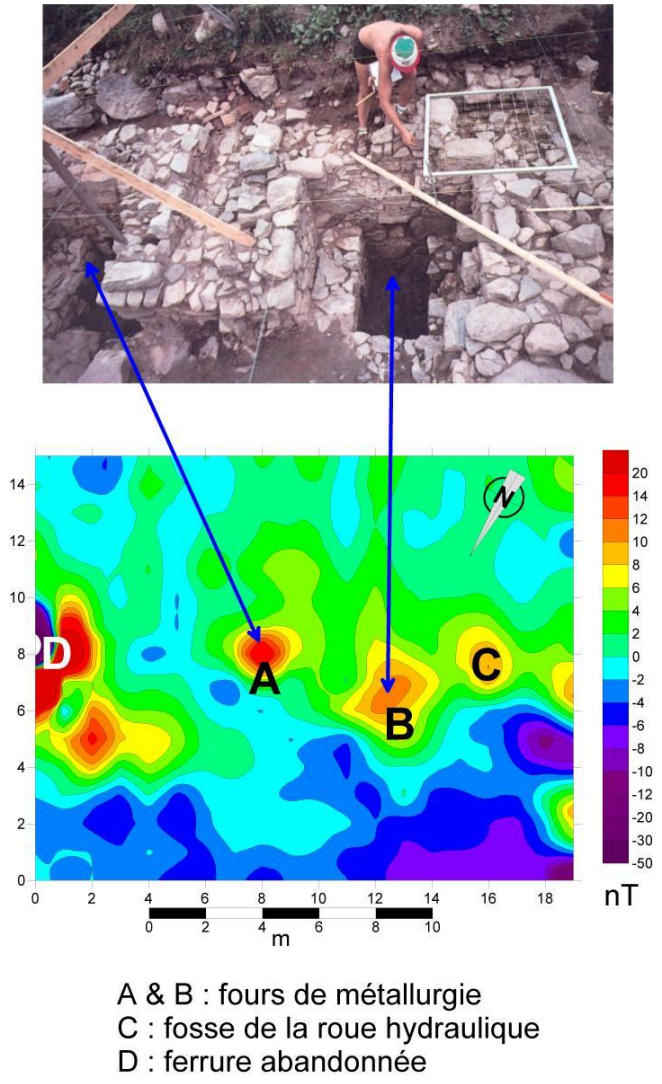


Fig. 1 : Découverte par la géophysique (carte magnétique) des fours de métallurgie de l'argent sur le site du Bonhomme (Vosges). Sous la direction de Pierre Fluck.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Et puis, une fois, nous trouvons, par élimination (ce qui ne déplairait pas à Karl Popper) des anomalies organisées, un chapelet en quelque sorte, très intrigant, et j'alerte Pierre Fluck de l'intérêt à identifier cette source (ou du reste, il m'avait envoyé !)

Nous venons de trouver, par un travail collectif, les fours du Bonhomme, sur la plateforme dite « F3 ».

Pour l'archéologue, c'est une trouvaille importante. Je le cite[5] :

« les fonderies du Bonhomme ont une histoire hors du commun. Ce sont des fonderies seigneuriales du troisième quart du XVI^e siècle (les seigneurs de Ribeaupierre et l'archiduc d'Autriche), dont nous possédons notamment le règlement de 1587. Mais surtout, c'est bien là que semble apparaître, pour la France de l'Est, la technologie révolutionnaire de la « liquation ». Celle-ci, inventée en Thuringe dans la seconde moitié du XV^e siècle, consiste à extraire, par le moyen du plomb, l'argent du cuivre argentifère en cours de réduction. »

La Figure 1 montre d'une part les anomalies géophysiques rencontrées sur la plateforme F3, ainsi que le résultat de la fouille dont les éléments sont commentés dans les publications données en bas de page.

On peut évoquer l'aile de papillon, cette métaphore un peu éculée qui déterminerait des cyclones. Le physicien préfère parler de la sensibilité à l'état initial, dont de minuscules variations conduisent à des conséquences fantastiques. Alors ici j'ai montré un exemple qui touche à mon domaine, mais combien en a-t-il existé, de ces conséquences, que Philippe Fluzin aura déclenchées ?

Et la néguentropie, alors ?

L'entropie mesure le désordre. La néguentropie évoque toutes les forces qui remettent de l'ordre[6]. Les lois de la physique orientent les systèmes vers un minimum d'énergie mobilisable, vers un maximum d'entropie, et il est fort possible que les physiciens prévoyant la mort thermique de l'Univers n'aient pas tort[7]. À plus petite échelle, on parle de la « flèche du temps »[8]. Celle qui nous emmène vers la disparition. En attendant, sur Terre, la vie est un exemple de néguentropie, puis qu'elle organise la matière inerte au départ en êtres vivants. La pompe thermodynamique le permettant est le soleil, mais tout cela aura une fin (à moins de s'échapper dans une autre partie de l'Univers pas des trous de ver). Hubert Reeves nous a habitués à ce que nous ne soyons que poussière d'étoiles. Ce n'était pas nouveau « tu es poussière et tu retourneras à la poussière » (Genèse, 3 :19). La mise à l'échelle de l'homme dans l'Univers est astronomiquement vertigineuse.

Mais… en attendant, nous sommes là. Et certains d'entre nous participent plus à la néguentropie que d'autres. Cela veut dire : organiser la vie, passer d'un état de désordre à un état d'ordre. Ce qui est visé, c'est l'harmonie, la beauté. Notamment de

[5] https://www.persee.fr/doc/acsam_0000-0000_1998_act_6_1_1134 ; voir aussi : *L'archéologie du feu : les fonderies d'argent du Bonhomme*, Fluck, P. et Florsch, N. (1996) - In : *Bulletin de la Société d'Histoire du Canton de Lapoutroie et Val d'Orbey* Bd. 15 (1996) S. 9-28

[6] Il ne s'agit pas d'un ordre au sens politique, plutôt philosophique, humaniste et moral (laïque).

[7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Mort_thermique_de_l\%27Univers.

[8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fl\%C3\%A8che_du_temps

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

la connaissance. Or qu'a fait, toute sa vie, Philippe Fluzin, si ce n'est construire, et construire en osant, en osant la confiance en particulier. Il est une pompe à néguentropie, et à ce titre, un exemple qui contraste avec l'ambiance délétère (vous voyez certainement de quoi je parle). C'est pour toutes ces raisons, ou pour toute cette raison, qu'il y a, qu'il y aura, un « avant » et un « après » Fluzin, pour tous ceux qui l'ont côtoyé, mais aussi pour bien d'autres qui ne le sauront pas.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984