

Tests de thermoluminescence pour l'expertise scientifique des objets en terre cuite

Historique

Le phénomène de luminescence stimulé par un apport de chaleur ou thermoluminescence (TL), signalé par Boyle en 1664 [1], n'a pu être étudié du point de vue de ses propriétés physiques que dans les années 1930 [2], grâce à la mise au point des tubes photomultiplicateurs.

C'est dans les années 1950 que furent explorées les potentialités de la TL afin de dater les matériaux archéologiques et en particulier les céramiques [3]. Cependant, l'application de la TL à la datation n'aboutit véritablement que vers le milieu des années 1960 en Angleterre [4-5]. En France, les travaux de datation par TL débutèrent en 1967 et donnèrent lieu à la publication de premiers résultats en 1974 à l'Université de Bordeaux [6-7].

Principe de la méthode

La thermoluminescence repose sur l'étude de la radioactivité naturelle et la capacité des cristaux contenus dans un objet à accumuler les effets de cette irradiation. L'énergie ainsi apportée, ou dose d'irradiation, exprimée en grays (Gy), est stockée dans des défauts des cristaux appelés "centres pièges". Cette énergie est proportionnelle à l'intensité de la radioactivité du lieu de conservation ou d'enfouissement de l'objet et au temps pendant lequel les cristaux sont soumis à cette irradiation. La TL correspond à l'émission de lumière (luminescence) provoquée par un apport d'énergie sous forme thermique (thermo). L'intensité de cette luminescence est proportionnelle à l'énergie absorbée par le cristal et dépend donc de la dose d'irradiation accumulée au cours du temps.

Les expériences de TL permettent de déterminer la dose d'irradiation naturelle (Q_{Nat}) reçue depuis un instant zéro qui correspond au dernier chauffage du matériau.

Pour une datation, il est nécessaire de déterminer la dose d'irradiation annuelle (I) reçue par les cristaux. Elle rend compte de la quantité d'énergie déposée chaque année par les particules α et β et les photons γ . Elle recouvre l'irradiation qui émane de l'objet lui-même et de son environnement.

Le rapport de ces deux grandeurs donne l'âge entre l'instant zéro et l'étude de l'objet en laboratoire :

$$T(ans) = \frac{Q_{Nat}(Gy)}{I(Gy/an)}$$

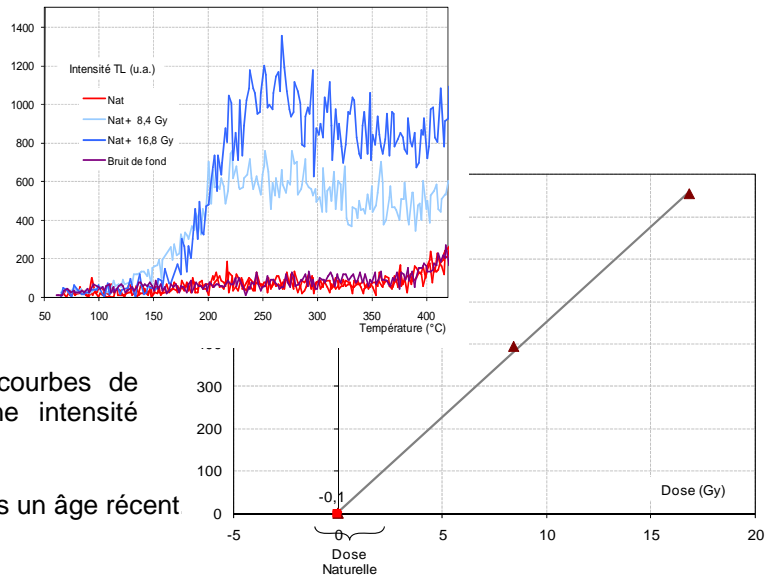
Évaluation de l'ancienneté – Tests TL

Nous venons de voir que pour effectuer une datation, il est nécessaire de mesurer deux valeurs, Q_{Nat} et I . L'étude par TL d'objets hors contexte d'enfouissement ne permet pas de réaliser une réelle datation.

Cependant, la mesure de Q_{Nat} permet d'évaluer l'ancienneté et d'apporter une information objective sur l'authenticité ou non de l'objet étudié, en considérant une dose d'irradiation annuelle comprise entre 3 et 6 mGy/an, ce qui correspond à la grande majorité des cas rencontrés [8-12].

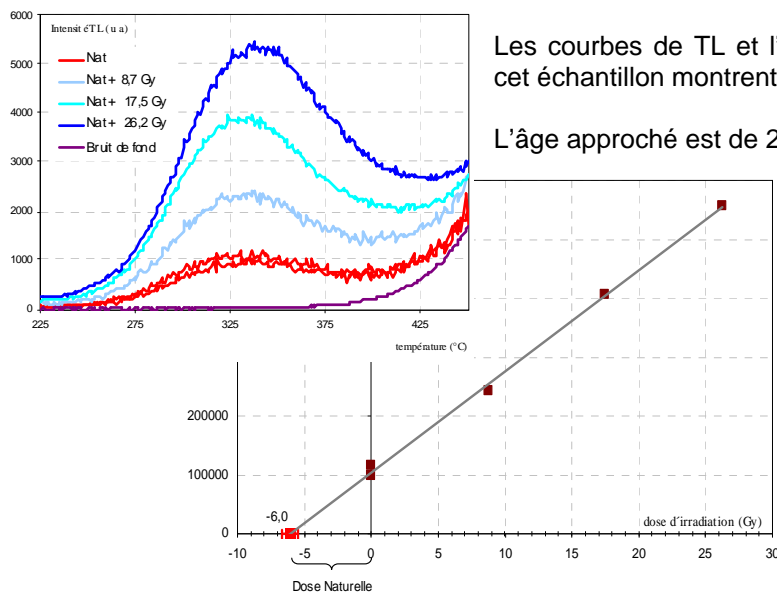
1^{ère} étape : Test de Thermoluminescence (forage Ø : 2 mm)

Depuis plus de 30 ans, l'authentification des terres cuites repose sur des analyses par thermoluminescence (TL), qui donnent une estimation de l'ancienneté du dernier chauffage du matériau, avec une incertitude classiquement évaluée autour de $\pm 20\%$.



Pour un objet cuit récemment, les courbes de thermoluminescence (rouges) ont une intensité très faible.

L'estimation de l'ancienneté donne alors un âge récent



Les courbes de TL et l'estimation d'ancienneté obtenues pour cet échantillon montrent qu'il a été cuit anciennement.

L'âge approché est de 2000 ± 400 ans.

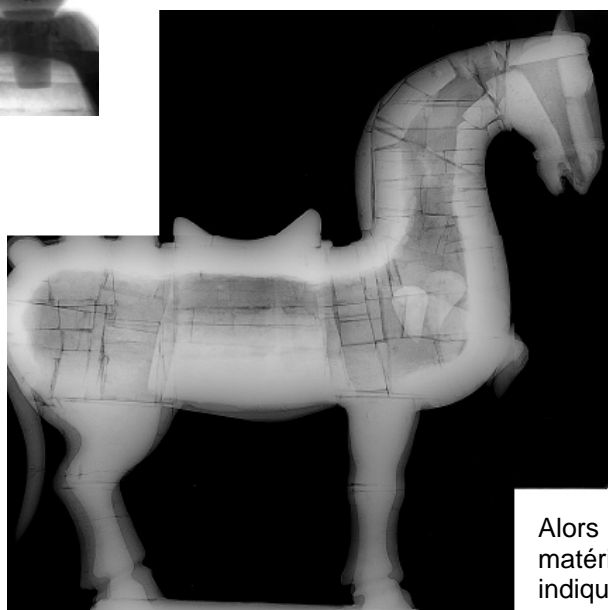
2^{ème} étape : Homogénéité de l'objet – Non intrusive

Aujourd'hui, pour détecter des faux plus élaborés, il est souvent nécessaire de compléter l'approche par thermoluminescence avec une visualisation de la structure interne de l'objet, par radiographie ou scanographie des rayons X.

Le croisement de ces deux techniques scientifiques, associé à une analyse stylistique, garantit l'authenticité d'un objet en terre cuite.



La radiographie de cet objet ne révèle **aucune anomalie structurelle**. Associée à la TL, cette approche permet de confirmer son ancienneté.



La radiographie de ce cheval révèle qu'il est composé de **nombreux fragments** de terre cuite assemblés selon une **technique moderne**.

Alors que la **TL montrait l'ancienneté** du matériau, l'observation de la structure de l'**objet** indique qu'il est **moderne**.

- ✓ Si les analyses par thermoluminescence révèlent un **matériau moderne**, alors l'objet est très probablement **faux**.
- ✓ Si les résultats indiquent que le **matériau est ancien**, nous recommandons de **compléter** l'analyse par **radiographie ou scanner** des rayons X afin de s'assurer de l'homogénéité de l'objet.

www.ciram-art.com

Europe - Phone +33 5 56 23 45 35 – Mobile +33 6 64 14 24 10 - contact@ciram-art.com
North America - Mobile +1 917 509 5616 - info@ciram-art.com

Bibliographie

- [1] R. Boyle, 1664, Experiments and considerations upon colours with observations on a diamond that shines in the dark, *Henry Herringham*, London.
- [2] F. Urbach, 1930, Zur lumineszenz der alkalihalogenide: II. Messungsmethoden; erste ergebnisse; zur theorie der thermolumineszenz, *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien*, abteilung Ila, 139 band, heft 1-10, p. 363-372.
- [3] F. Daniels, C.A. Boyd and D.F. Saunders, 1953, Thermoluminescence as a research tool, *Science*, n°117, p. 343-349.
- [4] M.J. Aitken, M.S. Tite and J. Reid, 1964, Thermoluminescence dating of ancient ceramics, *Nature*, n°202, p. 1032-1033.
- [5] M.J. Aitken, D.W. Zimmerman and S.J. Fleming, 1968, Thermoluminescence dating of ancient pottery, *Nature*, n°219, p. 442-444.
- [6] M. Schvoerer, P. Lamarque et J.F. Rouanet, 1974, Datation absolue par thermoluminescence d'une série d'échantillons d'origine archéologique dont deux fragments de grès brûlés provenant de niveaux magdaléniens V et VI, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, tome 279, p. 191-194.
- [7] M. Schvoerer, P. Lamarque, J.F. Rouanet et F. Wideman, 1975, Datation absolue par TL, recherche sur la précision de la méthode, application à une série de tessons de céramique sigillée d'Arezzo, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, tome 281, p. 343-346.
- [8] Brennan, B.J., Schwarcz, H.P., & Rink, W.J. (1997). Simulation of the gamma radiation field in lumpy environments. *Radiation Measurements*, tome 27, p. 299–305.
- [9] Roberts, R.G. (1997). Luminescence dating in archaeology: From origins to optical. *Radiation Measurements*, tome 27, p. 819–892.
- [10] Guibert, P., Bechtel, F., Schvoerer, M., Müller, P., & Balescu, S. (1998). A new method for gamma dose-rate estimation of heterogenous media in TL dating. *Radiation Measurements*, tome 29, p. 561–572.
- [11] Deckers, K., Sanderson, D.C.W., & Spencer, J.Q. (2005). Thermoluminescence screening of non-diagnostic sherds from stream sediments to obtain a preliminary alluvial chronology: An example from Cyprus. *Geoarchaeology*, tome 20, p. 67–77.
- [12] Richter, D., & Temming, H. (2006). Dose recovery tests for heated flint. Testing equivalent dose protocols. *Radiation Measurements*, tome 41, p. 819–825.