



# CIRAM

Centre d'Innovation et de Recherche  
pour l'Analyse et le Marquage

## Notre offre de datation par thermoluminescence

**A l'heure actuelle, CIRAM est le seul laboratoire privé à réaliser de réelles datations par thermoluminescence, dans le respect des procédures méthodologiques développées dans les structures publiques.**

### *La mise en œuvre de la méthode : les pré-requis*

La datation par thermoluminescence repose sur l'étude de la radioactivité naturelle et la capacité des cristaux contenus dans un objet anciennement chauffé (céramiques, galets de quartz, silic...) à accumuler les effets de cette irradiation.

Afin de déterminer l'âge TL, il faut donc **impérativement** :

- ✓ mesurer, par des expériences de thermoluminescence, la dose d'irradiation naturelle ( $Q_{Nat}$ ) reçue depuis un instant zéro qui correspond au dernier chauffage du matériau. Cette démarche requiert la mise en place de procédures analytiques lourdes, qui doivent permettre de connaître au mieux les propriétés TL des cristaux à dater afin de garantir la fiabilité des résultats. C'est pourquoi il est nécessaire de mener un grand nombre d'expériences et d'acquérir des séries importantes de mesures physiques (de l'ordre de 200 courbes de TL par prélèvement), sur des échantillons de quelques dizaines de  $cm^3$  soumis à un traitement mécanique et chimique destructif ;
- ✓ 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  $\alpha$  et  $\beta$  et les photons  $\gamma$ . Elle recouvre l'irradiation qui émane de l'objet lui-même et de son environnement. Elle requiert des mesures de radioactivité *in situ* et l'analyse au laboratoire de la composition radiochimique de l'artefact à dater et d'échantillons de sol représentatifs de son milieu d'enfouissement immédiat (teneurs en uranium, thorium et potassium déterminées par spectrométrie gamma à bas bruit de fond).

Le rapport de ces deux grandeurs donne l'âge entre le dernier chauffage de l'objet et son étude en laboratoire :

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

### *Pour une intervention scientifique rigoureuse*

**Aucune datation par thermoluminescence ne peut s'affranchir de l'analyse, sur le terrain (si possible) et au laboratoire (dans tous les cas), de la radioactivité du milieu d'enfouissement immédiat des objets à dater. L'ignorance de cette donnée expérimentale invalide purement et simplement le résultat.**

Afin de garantir la réalisation d'un travail scientifiquement rigoureux et archéologiquement pertinent, il est préférable que CIRAM puisse intervenir sur le site de fouille, afin de procéder à la collecte du matériel archéologique et sédimentaire indispensable à la datation et d'effectuer des mesures de radioactivité.



### *Une activité d'analyse autonome*

Bénéficiant des compétences de deux de ses membres spécialisés dans ce domaine, CIRAM a développé son propre laboratoire de datation. Il comprend un équipement complet de préparation des échantillons, un appareillage de TL/OSL permettant d'obtenir des mesures précises et fiables de  $Q_{nat}$  et un détecteur de radioactivité naturelle pour les mesures *in situ*.

CIRAM a par ailleurs développé un partenariat scientifique avec un centre d'étude nucléaire, pour les analyses de composition radiochimique des matériaux.

**Il résulte de ces investissements la garantie d'un travail d'une qualité optimale, exploitant des compétences reconnues alliées à une instrumentation de pointe.**

De plus, l'autonomie "technologique" de CIRAM, associée à sa forte réactivité et sa grande disponibilité, permet d'obtenir des datations TL dans **les meilleurs délais**.

### *Analyse critique des résultats – bilan et discussion*

Au-delà de la simple obtention de dates, **CIRAM s'engage également à fournir une synthèse critique complète des résultats et à en proposer une exploitation archéologique optimale.**

## **DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE EN ARCHÉOLOGIE** **Une mise en garde contre des pratiques abusives**

Au cours de débats avec de nombreux archéologues, il nous est apparu que de **"pseudos" datations par thermoluminescence circulent aujourd'hui** et sont utilisées afin de mettre en place ou de conforter des chronologies.

Or, ces résultats prétendument physiques n'ont aucune valeur scientifique : il ne s'agit que de tests d'ancienneté, identiques à ceux pratiqués pour mettre en évidence des "faux" parmi les objets en terre cuite circulant sur le marché de l'Art.

En effet, profitant de la méconnaissance légitime des archéologues de terrain, certains vendent ces tests pour de réelles datations, au mépris de la rigueur scientifique et des principes élémentaires de la méthode.

Ces pratiques conduisent à diffuser au sein de la recherche archéologique des informations dites "chronologiques" qui n'ont aucun fondement.

Aucune datation par thermoluminescence ne peut s'affranchir de l'analyse, sur le terrain (si possible) et au laboratoire (dans tous les cas), de la radioactivité du milieu d'enfouissement immédiat de l'objet à dater. L'ignorance de cette donnée expérimentale invalide purement et simplement le résultat.

Ainsi, l'obtention d'une date-TL nécessite une étroite collaboration entre le responsable de l'opération archéologique et les "dateurs", afin de déterminer au mieux les conditions d'enfouissement et d'irradiation de l'artefact.

En tant que spécialistes de cette méthode de datation, à laquelle nous avons consacré plusieurs années de recherche, il nous paraît aujourd'hui crucial de mettre en garde les archéologues contre ces pratiques douteuses. Elles donnent une idée fautive du travail des chronologistes et, surtout, elles "polluent" les travaux archéologiques en introduisant des informations non fiables.

**Des tests de thermoluminescence vendus 250 € par objet ne sont pas des datations physiques scientifiquement recevables.**

**Ils doivent être exclus de toute réflexion archéologique à portée chronologique.**



# DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE EN ARCHÉOLOGIE

## Une mise en garde contre des pratiques abusives

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

$T(ans)$  : âge du matériau analysé ;  $Q_{nat} (Gy)$  : quantité d'irradiation dite naturelle ou archéologique reçue par le matériau depuis son dernier chauffage ;  $I (Gy/an)$  : quantité d'irradiation à laquelle est soumis le matériau à dater pendant une année.

### DATATION par THERMOLUMINESCENCE

#### Détermination de $Q_{nat}$

Des **expériences** de thermoluminescence **préalables** à la datation :

- Connaître les propriétés de thermoluminescence de l'objet à dater (stabilité dans le temps, reproductibilité, signaux parasites, ...)
- Connaître le passé thermique et l'état de chauffe de l'objet à dater (chauffage suffisant, conditions de chauffe archéologique, ...).

Des **procédures analytiques adaptées** à chaque cas, garantissant la fiabilité et la précision des résultats.

**De l'ordre de 200 courbes de TL** par prélèvement à dater ...



**Une mesure de  $Q_{nat}$  rigoureuse, fiable et précise**  
(5 à 10% d'incertitude)

#### Détermination de $I$

Des **mesures de radioactivité *in situ***.

Une **étude approfondie** du contexte d'enfouissement (matériaux présents, humidité du milieu, modifications post-dépositionnelles).

Prélèvement d'**échantillons de sol**, représentatifs du milieu d'enfouissement.

**Mesure au laboratoire** de la composition radiochimique de l'objet à dater et des échantillons de sol (teneurs en uranium, thorium, potassium).



**Une mesure de  $I$  rigoureuse, fiable et précise**  
(5 à 10% d'incertitude)

**Une réelle datation par TL scientifiquement recevable et archéologiquement exploitable**

(3 mois de délai minimal d'analyse, 2200 € HT par date)

### TEST d'ANCIENNETE par THERMOLUMINESCENCE

#### Détermination de $Q_{nat}$

Des expériences de thermoluminescence standardisées, ne permettant **aucun contrôle** sur la fiabilité des mesures ...

**Aucune prise en compte** des propriétés spécifiques de thermoluminescence, différentes pour chaque objet ...

**Moins de 20 courbes de TL** par prélèvement à dater ...



**Une estimation de  $Q_{nat}$  grossière et imprécise**  
(plus de 20% d'incertitude)

#### Détermination de $I$

**Aucune mesure** physique de la radioactivité du milieu d'enfouissement, ni sur le terrain, ni au laboratoire ...

**Aucune analyse** du contexte d'enfouissement de l'objet à dater ...



**Une valeur arbitraire de  $I$ , choisie en fonction de l'âge attendu !!!**

**Un test d'ancienneté destiné à écarter les objets faux sur le Marché de l'Art**

(2 jours de délai minimal d'analyse, 250 € HT par test)



## Une étude de cas : application de la procédure « minimaliste » sur des tessons de céramique

L'exemple proposé ici repose uniquement sur des analyses par thermoluminescence réalisées sur des tessons de céramique retrouvés en fouille. La radioactivité naturelle du milieu d'enfouissement ne fait l'objet d'aucune étude spécifique.

*Cette approche est habituellement réservée à des objets pour lesquels on ignore le contexte d'enfouissement, typiquement des pièces de musée ou de collection. Dans ce cas, il est impossible de réaliser une réelle datation, et l'on parle de "tests d'ancienneté".*

Ainsi, une mesure rapide de la dose d'irradiation archéologique accumulée dans le matériau ( $Q_{nat}$ ) permet d'évaluer grossièrement l'ancienneté de l'objet étudié. Il est alors possible d'apporter une information objective sur son authenticité ou non. **Dans ce cas, l'estimation de la dose d'irradiation archéologique est relativement imprécise (de l'ordre de 20% d'incertitude sur la mesure) et doit rester indicative de l'ancienneté du dernier chauffage.**

Par ailleurs, aucune considération n'étant apportée à la mesure de la dose d'irradiation annuelle (mesures de radioactivité sur le terrain, détermination de la composition radiochimique des objets à dater et de prélèvements représentatifs de leur environnement immédiat), **on ne peut que proposer une valeur arbitraire pour le dénominateur de l'équation d'âge (I)**. On sait, par expérience, que cette grandeur est le plus souvent comprise entre 3 et 6 mGy/an, selon la composition et l'humidité du sol. **Il est donc mathématiquement possible, sans a priori sur le milieu d'enfouissement radioactif de l'objet à dater, de faire varier l'âge TL du simple au double**, comme le montre le tableau ci-dessous.

<b>Matériel d'étude</b>	<b>Dose d'irradiation archéologique (<math>Q_{nat}</math>) - valeur estimée par TL -</b>	<b>Dose d'irradiation annuelle (I) - valeur arbitraire -</b>	<b>Age TL (ans)</b>	<b>Date TL (av. / ap. J.C.)</b>
Tesson n°1 (attribution typo-chronologique : 650-1450 AD)	$Q_{nat} = 5,3 \pm 0,4$ Gy	I = 3 mGy/an	1765 ± 130 ans	[105 – 365] AD
		I = 4 mGy/an	1325 ± 100 ans	[575 – 775] AD
		I = 5 mGy/an	1060 ± 80 ans	[860 – 1020] AD
		I = 6 mGy/an	880 ± 60 ans	[1060 – 1180] AD
Tesson n°2 (attribution typo-chronologique : 650-1450 AD)	$Q_{nat} = 5,9 \pm 0,6$ Gy	I = 3 mGy/an	1965 ± 200 ans	[165 BC – 235 AD]
		I = 4 mGy/an	1475 ± 150 ans	[375 – 675] AD
		I = 5 mGy/an	1180 ± 120 ans	[700 – 940] AD
		I = 6 mGy/an	980 ± 100 ans	[920 – 1120] AD

Toutes les "datations" obtenues pour chaque échantillon sont équiprobables, et nous ne disposons d'aucun argument scientifique qui nous permettrait d'en exclure une plutôt qu'une autre. **Seule l'incompatibilité chronologique d'un résultat avec l'attribution stylistique ou culturelle de l'objet devient un critère de choix. Ainsi, en pratique, la dose d'irradiation annuelle est fixée en connaissant la valeur mesurée de la dose archéologique et l'âge attendu.** L'équation s'en trouve donc inversée : l'inconnu à évaluer devient le dénominateur et l'attribution chronologique présumée de l'objet intervient comme une donnée connue.

Dans ce contexte, il est évident que,  **finalement, les âges "retenus" sont systématiquement compatibles avec l'époque "attendue" ou plutôt le cadre chronologique avancé par l'archéologue.**

**Cette pratique ne peut donc conduire d'aucune manière à des datations physiques scientifiquement recevables.**



### Problématiques de Datation

- 2007** ✓ **ROQUE C., VARTANIAN E.**, "Chronologie des cultures amérindiennes de Guyane. Contribution de la datation par thermoluminescence : une mise en garde contre des pratiques abusives." A paraître.
- 2004** ✓ **ROQUE C.,** GUIBERT P., **VARTANIAN E.,** VIEILLEVIGNE E., BECHTEL F., "Changes in luminescence properties induced by thermal treatments; a case study at Sipán and Trujillo Moche sites (Peru)." *Radiation Measurements*, 38, 119-126.
- ✓ **ROQUE C.,** GUIBERT P., DUTTINE M., **VARTANIAN E.,** CHAPOULIE R., BECHTEL F., "Dependence of luminescence characteristics of irradiated quartz with the thermal treatment and consequences for TL-dating". *Geochronometria, in Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology*, 23, 1-8.
- ✓ GUIBERT P., **ROQUE C., VARTANIAN E.,** BECHTEL F., SCHVOERER M., "Datation par luminescence : une évaluation de la représentativité des résultats de datation et de leurs incertitudes." *Les Hominidés et leurs environnements – Histoire et Interactions*, Colloque de Poitiers, 18-20 septembre 2000, sous presse.
- 2002** ✓ **ROQUE C., VARTANIAN E.,** GUIBERT P., SCHVOERER M., LEVINE D., ALVA W., JUNGNER H., "Recherche chronologique sur la culture Mochica du Pérou : datation de la tombe du Prêtre de Sipán par thermoluminescence (TL) et par radiocarbone." *Journal de la Société des Américanistes*, 88, 227-243.
- ✓ **ROQUE C.,** GUIBERT P., **VARTANIAN E.,** BECHTEL F., TREUIL R., DARCQUE P., KOUKOULI-CHRYSSANTHAKI H., MALAMIDOU D., "The chronology of the neolithic sequence at Dikili Tash, Macedonia, Greece: TL-dating of domestic ovens." *Archaeometry*, 44, 4, 625-645.
- 2001** ✓ **ROQUE C.,** *Datation en Archéologie. Des recherches méthodologiques en TL et en OSL... aux référentiels chronologiques du Solutréen (France), du Néolithique (Grèce) et de la culture préhispanique Moche (Pérou).* Thèse de doctorat en Physique des Archéomatériaux, Université Bordeaux 3.
- ✓ **ROQUE C.,** GUIBERT P., **VARTANIAN E.,** BECHTEL F., SCHVOERER M., "Thermoluminescence-dating of calcite: study of heated limestone fragments from Upper Paleolithic layers at Combe-Saunière, Dordogne, France." *Quaternary Science Reviews*, 20, 935-938.
- ✓ **ROQUE C.,** GUIBERT P., **VARTANIAN E.,** BECHTEL F., SCHVOERER M., OBERLIN C., EVIN J., MERCIER N., VALLADAS H., TEXIER J.P., RIGAUD J.Ph., DELPECH F., CLEYET MERLE J.J., TURQ A., "Une expérience de croisement de datations TL/C14 pour la séquence solutréenne de Laugerie-Haute, Dordogne." *Datation, Actes des XXI<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 19-21 Octobre 2000*, éd. APDCA, 217-232.
- ✓ GUIBERT P., **ROQUE C., VARTANIAN E.,** BECHTEL F., "Datation par thermoluminescence : un aperçu sur les matériaux et quelques progrès récents." *Datation, Actes des XXI<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 19-21 Octobre 2000*, éd. APDCA, 31-47.
- ✓ GUIBERT P., **VARTANIAN E., ROQUE C.,** SCHVOERER M., BECHTEL F., "Luminescence dating of burnt materials: effects of preheat treatment on OSL and consequences for dating procedures." *Radiation Measurements*, 33, 4, 439-444.
- ✓ **VARTANIAN E., ROQUE C.,** GUIBERT P., BECHTEL F., "Datation de structures de fours néolithiques du tell de Dikili Tash (Grèce) : comparaison TL – OSL. Apport de l'OSL pour les matériaux chauffés ?" *Datation, Actes des XXI<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, 19-21 Octobre 2000*, éd. APDCA, 233-248.



- 2001** ✓ **VARTANIAN E.**, GUIBERT P., BECHTEL F., SCHVOERER M., ALBORE-LIVADIE C., "Contribution de la thermoluminescence à la chronologie de la culture du Gaudio : datation de céramiques du site de la Trinita, Piano di Sorrento, Italie", *L'Anthropologie*, 421-434.
- 2000** ✓ GUIBERT P., **ROQUE C.**, "La datation par Thermoluminescence". *Archéométrie, Dossier d'Archéologie*, 253, 16-23.
- ✓ **VARTANIAN E.**, GUIBERT P., **ROQUE C.**, BECHTEL F., SCHVOERER M., "Changes in OSL properties of quartz by preheating: an interpretation." *Radiation Measurements*, 32, 647-652.
- 1999** ✓ **VARTANIAN E.**, *Datation des archéomatériaux par luminescence stimulée thermiquement et optiquement : TL et OSL de silicates ou de carbonates*. Thèse de doctorat en Physique des Archéomatériaux, Université Bordeaux 3.
- ✓ **VARTANIAN E.**, GUIBERT P., NEY C., BECHTEL F., SCHVOERER M., GUILAINE J., CREMONESI G., "Chronologie de la néolithisation en Italie du sud-est. Nouvelles datations grâce à la thermoluminescence (TL) sur le site de Matera-Trasano.", *L'Anthropologie*, 103, 2, 289-305.
- 1997** ✓ BECHTEL F., GUIBERT P., SCHVOERER M., **VARTANIAN E.**, FAÏN J., MIALLIER D., MONTRET M., PILLEYRE Th., SANZELLE S., BAHAIN J.J., FALGUERES C., TRIPIER J., POUPEAU G., MERCIER N. et VALLADAS H., "Evaluation de l'incertitude de mesure de la dose annuelle en datation par luminescence (TL, OSL) et par RPE : une expérience d'intercomparaison à la Grotte XVI, Cénac et Saint-Julien, Dordogne", *Revue d'Archéométrie*, 21, 21-27.
- ✓ FAÏN J., MIALLIER D., MONTRET M., PILLEYRE Th., SANZELLE S., SOUMANA S., BECHTEL F., GUIBERT P., SCHVOERER M., **VARTANIAN E.**, MERCIER N., VALLADAS H., BAHAIN J.J., FALGUERES C., TRIPIER J., JORON J.L., "Intercomparaisons dosimétriques dans le cadre de la datation par TL et par RPE, Partie 2 : Milieux naturels témoins de la région de Clermont-Ferrand (Puy de Dôme)", *Revue d'Archéométrie*, 21, 29-34.
- 1996** ✓ GUIBERT P., **VARTANIAN E.**, BECHTEL F., SCHVOERER M., "Non linear approach of TL response to dose: polynomial approximation", *Ancient TL*, 14, 2, 7-14.

