

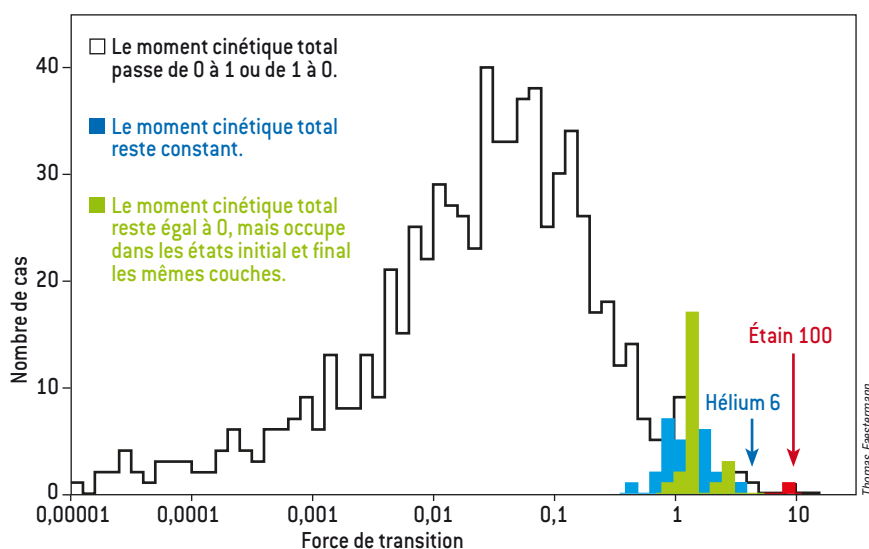
prédictions faites par le modèle en couches, on obtient des résultats plausibles. En tout cas, nous n'avons pas obtenu d'indications fortes que la désintégration bêta se passerait différemment du scénario théorique (voir la figure 2). Un aspect du modèle en couches était ainsi confirmé.

Nous avons aussi pu interpréter le spectre des énergies de désintégration. En comparant les spectres d'énergie des positrons avec des spectres calculés pour différentes énergies de désintégration, nous avons déterminé l'énergie de la transition de l'étain 100 à l'indium 100 excitée avec une précision de tout juste cinq pour cent. Connaissant la demi-vie et cette énergie, nous avons alors déduit la valeur de la force de transition de l'étain 100, soit 9,1. Cette force de transition est la plus élevée jamais mesurée et prédite dans une désintégration bêta! Pour comparaison, pour l'hélium 6, la force de transition n'est que de 4,7 (voir la figure 6).

Vers l'étude des niveaux excités

Qu'est-ce qui rend la décroissance bêta de l'étain 100 si forte? Pour le comprendre, il faut prendre un peu de champ. Le spin et le moment cinétique orbital d'un état nucléaire ne peuvent être mesurés indépendamment: c'est le moment cinétique total que l'on mesure. Or ce dernier ne résulte pas du seul remplissage de couches par des nucléons décrits par le modèle en couches, mais en principe plutôt d'un très grand nombre de configurations différentes. C'est là que le caractère doublement magique de l'étain 100 présente un fort atout: il réduit considérablement le nombre de configurations mises en jeu, ce qui rend le modèle en couches bien adapté. Les comparaisons entre expérience et théorie sont ainsi facilitées.

Les calculs correspondants se fondent sur les fonctions de probabilité utilisées en théorie quantique. Un noyau atomique peut se trouver simultanément dans plusieurs configurations, c'est-à-dire dans une « superposition d'états ». Dans un processus de désintégration, l'ensemble de ces configurations et leurs probabilités interviennent. Un calcul quantique récent indique que l'état fondamental de l'étain 100 est constitué à 82 pour cent d'une configuration à 10 protons dans la sous-couche $g_{9/2}$ et comportant une sous-couche $g_{7/2}$ complètement vide en neutrons.



6. LES VALEURS POSSIBLES DE LA FORCE DE TRANSITION de la désintégration bêta des noyaux atomiques sont représentées ci-dessus sur une échelle logarithmique, en regard des fréquences d'apparition correspondantes. On distingue des transitions « permises » (blanc, bleu) et « superpermises » (vert et rouge). Les transitions seulement « permises » sont caractérisées par des forces de transition deux à trois fois inférieures à celle de la désintégration bêta de l'étain 100, dont la plus fréquente est la valeur 9,1.

BIBLIOGRAPHIE

C. B. Hinke *et al.*, *Superaligned Gamow-Teller decay of the doubly magic nucleus Sn-100*, *Nature*, vol. 486, pp. 341-345, 2012.

D. Bazin, *Nuclear physics : symmetrical tin*, *Nature*, vol. 486, pp. 330-331, 2012.

N. D. Cook, *Models of the Atomic Nucleus*, Springer (2^e éd.), 2010.

Une des configurations restantes est par exemple celle où une paire de protons ou de neutrons est excitée, c'est-à-dire placée dans une couche d'énergie supérieure.

Entre-temps, presque toutes les données de l'année 2008 ont été analysées. Nous sommes aussi en phase de démarrage d'une expérience supplémentaire sur l'étain 100. Dans le cadre d'une collaboration internationale avec des équipes de France, d'Allemagne, du Japon, de Pologne et d'autres pays, nous avons l'intention d'effectuer cette année une expérience sur l'accélérateur RIBF de l'institut de recherche japonais RIKEN. Les ions accélérés n'y atteignent certes que la moitié de la vitesse possible au GSI, mais la très haute intensité des faisceaux d'ions compense largement cet inconvénient, de sorte que l'on espère dix fois plus de données.

Cela nous permettra non seulement d'améliorer la précision de notre expérience, mais peut-être aussi de réaliser de nouvelles découvertes. Par exemple, certains théoriciens prédisent qu'un certain état excité de l'étain 100 pourrait avoir une durée de vie suffisante pour ne se désintégrer qu'après un temps de vol de 100 milliardièmes de seconde. Nous ne pourrions confirmer cette prédiction qu'après avoir obtenu plus d'une centaine de mesures, ce qui inaugurerait l'étude des états excités de l'étain 100. ■

Aux origines des villes celtes

Depuis un siècle, les découvertes des archéologues qui étudient la civilisation celtique en France et en Tchéquie se rejoignent. Cette rencontre a récemment révélé comment s'est transformé l'habitat urbain chez les anciens Celtes.

Vladimir Salač
et Olivier Buchsenschutz

En 1899, à la suite d'un voyage en Bohême et à Vienne, nous avions nous-mêmes, d'accord avec M. Pič, insisté particulièrement sur l'unité complète de civilisation – phénomène vraiment inattendu – que présentent les deux stations de Stradonitz et du Mont Beuvray, ancienne Bibracte, capitale des Éduens.

*Le Hradischt de Stradonitz en Bohême,
Joseph Déchelette, 1906*

À l'issue de la bataille de Bibracte (58 avant notre ère), César renvoie chez eux les Helvètes, mais il lui reste à disposer de 20 000 Boïens venus, avec femmes et enfants, s'associer à la tentative de migration helvète. Ces Boïens, qu'il assignera à résidence dans ce qui est devenu aujourd'hui la région de Sancerre, appartiennent à l'un des plus importants peuples celtiques d'alors. On en retrouve les traces aujourd'hui non seulement en France, en Italie, en Hongrie, en Slovaquie, en Autriche, en Allemagne, mais surtout en Tchéquie, où il a donné son nom à une région : la Bohême (qui provient de *Boiohaemum* signifiant « pays des Boïens »).

Or depuis plus d'un siècle, les archéologues tchèques et français font les mêmes constatations. En le découvrant, ils ont fini par conclure de conserve que ces deux régions du monde celtique, pourtant éloignées, ont évolué de la même façon. Nous allons raconter ici comment la poursuite de leur dialogue scientifique jusqu'à aujourd'hui, malgré les aléas de l'histoire européenne, a révélé l'existence chez les Celtes du Second âge du

1. CE VILLAGE D'ARTISANS CELTES, restitué par un artiste sur la base de fouilles menées en Tchéquie, est caractéristique du II^e siècle avant notre ère. Plusieurs agglomérations similaires ont été trouvées en France.



L'ESSENTIEL

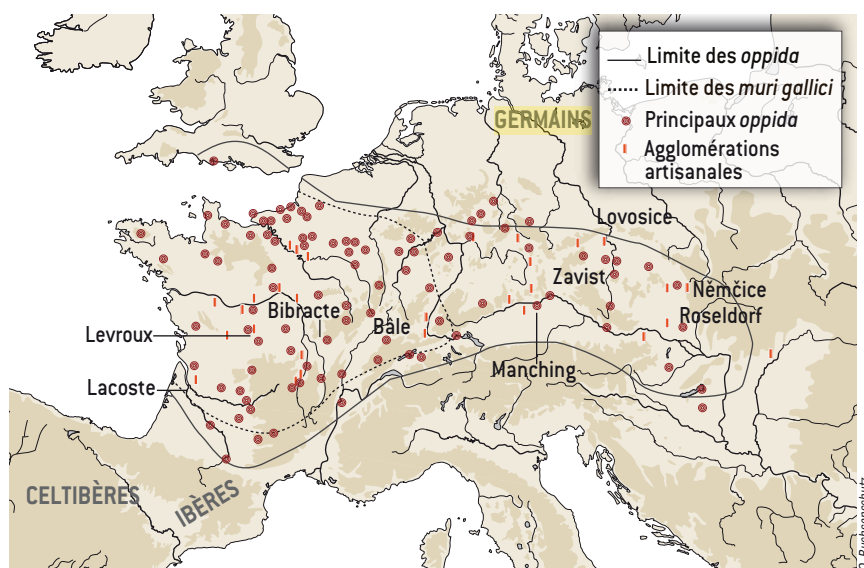
■ À la fin du XIX^e siècle, Joseph Déchelette et Josef Ladislav Píř constatent que les civilisations celtes de France et de Bohême sont très similaires.

■ Interrompus par la Première Guerre mondiale, les échanges entre archéologues français et tchèques n'ont repris qu'à partir des années 1960.

■ De cette interaction se sont dégagés les grands traits de l'histoire de l'urbanisation dans l'espace celtique.

■ Des découvertes faites ensuite ailleurs qu'en France ou en Tchéquie les confirment.

Benoît Clarys



2. LA RÉPARTITION DES FORTERESSES CELTES À TRAVERS L'EUROPE montre l'ampleur de la civilisation celtique au Second âge du Fer. Construits sur des collines ou en des points stratégiques, ces *oppida* ont abrité les activités artisanales et commerciales durant la seconde moitié de la période ; auparavant, les artisans s'étaient spontanément concentrés ailleurs.

Fer d'une curieuse urbanisation en deux phases. La première est le développement spontané d'agglomérations d'artisans sur des places de marché situées en des points névralgiques de chaque province. Au cours de la seconde, l'aristocratie semble avoir dominé et a installé les artisans celtes derrière les remparts d'anciennes forteresses en hauteur, places fortes qui ont alors été renouvelées et développées dans toute l'Europe celtique.

Homogénéité culturelle

Le Second âge du Fer désigne la période allant de -450 à la romanisation, durant laquelle la civilisation laténienne a dominé l'Europe tempérée. Le terme laténien, qui dérive du site éponyme de La Tène en Suisse, caractérise la civilisation portée entre Atlantique et mer Noire par un ensemble de peuples que les Grecs et les Romains anciens désignaient sous les termes de Celtes (*Keltoi*), de Galates (*Galatai*) ou de Gaulois (*Galli*).

L'homogénéité culturelle des Laténiens est frappante : partout ils construisent le même genre de sanctuaires, maîtrisent à un haut degré la métallurgie et développent un art codifié, qui évolue à chaque génération, mais de façon uniforme sur l'ensemble de l'espace celtique. Ainsi, de la Bretagne à la Hongrie, les torques (colliers rigides) portés par les membres de leur élite guerrière sont comparables à une même époque ; de même, leurs guerriers sont équipés

d'un bouclier, d'une lance et d'une longue épée glissée dans un fourreau métallique porteur d'un décor codifié ; etc.

La société celtique traditionnelle est majoritairement composée de paysans pratiquant à la fois l'élevage et une agriculture stimulée par le développement des outils en fer. Elle est dirigée par une élite armée qui maîtrise la propriété du sol et assure la sécurité du territoire, et qui se manifeste par la construction de forteresses de hauteur et de grandes nécropoles. Ces aristocrates forment souvent des partis guerriers qui vont se louer comme mercenaires dans les guerres méditerranéennes, ce qui provoquera une expansion celtique vers le monde méditerranéen aux IV^e et III^e siècles avant notre ère.

Un trait évident des Celtes est qu'ils sont avant tout ruraux (une caractéristique des Gaulois qui est restée dans la mémoire collective des Français). Leur habitat est généralement dispersé dans les campagnes, où les aristocrates habitent au sein de grandes fermes entourées de fossés. Pour autant, une tendance à la concentration des activités économiques est perceptible en certains endroits névralgiques, dont nous verrons qu'elle a produit à certaines époques des agglomérations pouvant être qualifiées de villes.

L'analyse des textes grecs et latins avait en effet suggéré que les menaces germaniques au Nord et romaines au Sud avaient conduit, au cours du II^e siècle avant notre ère, à l'apparition de villes fortifiées. Toutefois, les fouilles en Tchéquie, en France et ailleurs ont progressivement fait apparaître que le processus de l'urbanisation a évolué de façon plus complexe. Nous allons retracer ces avancées en commençant par évoquer comment s'est développée la recherche sur les Celtes en Tchéquie, en France et, si nécessaire, dans le pays qui les sépare : l'Allemagne.

En Tchéquie, les premiers travaux archéologiques sur les monnaies et les fortifications de l'âge du Fer ont été menés après 1850. La même chose se produisit en France sous l'impulsion des sociétés savantes de Napoléon III. Les officiers de l'empereur ont identifié les principaux sites césariens, et la découverte de remparts de type laténien (le *murus gallicus* de César) à Murcens (commune de Cras, dans le Lot), à Bibracte, à Vertault en Bourgogne et en nombre d'endroits leur a permis de faire le lien entre le texte de César et l'archéologie.

■ LES AUTEURS

Vladimir SALAČ est professeur d'archéologie à l'Université Karlova de Prague, en Tchéquie.

Olivier BUCHSENSCHUTZ, archéologue au CNRS, travaille au laboratoire Archéologie et philologie d'Orient et d'Occident (CNRS/École normale supérieure), à Paris.

■ BIBLIOGRAPHIE

S. Sievers et M. Schönfelder, *La question de la proto-urbanisation à l'âge du Fer*, 34^e colloque AFEAF, Habelt, Bonn, 2012.

G. Pierrevelcin, *Les relations entre la Bohême et la Gaule, du IV^e au I^{er} s. av. J.-C.*, Thèse, Université de Strasbourg, 2010 [scd-theses.u-strasbg.fr/2152/].

O. Buchsenschutz, *Les Celtes*, Armand Colin, 2008.

Gaulois, qui étais-tu ?, *Dossier Pour la Science* n° 61, octobre-décembre 2008.

Les Gaulois : des Barbares civilisés ?, *Pour la Science* n° 345, 2006.

J. L. Píř (trad. J. Déchelette), *Le Hradisch de Stradonitz en Bohême*, K. W. Hiersemann, Leipzig, 1906 [archive.org/details/lehradischdest00unkngoog].