

Contribution Prospectives IN2P3 2020-2030

Physique des neutrinos et matière noire

Titre : Le Plomb de Notre-Dame, un matériau d'intérêt majeur pour les physiciens des événements rares ?

Auteur : Pierre de Marcillac, le 12 septembre 2019

Institution : CSNSM (CNRS-IN2P3)

Email : marcillac@csnsm.in2p3.fr

Phone : 01 69 15 52 84

Abstract : Constitution d'une réserve nationale de plomb de très faible radioactivité à partir du plomb de la cathédrale Notre-Dame de Paris.

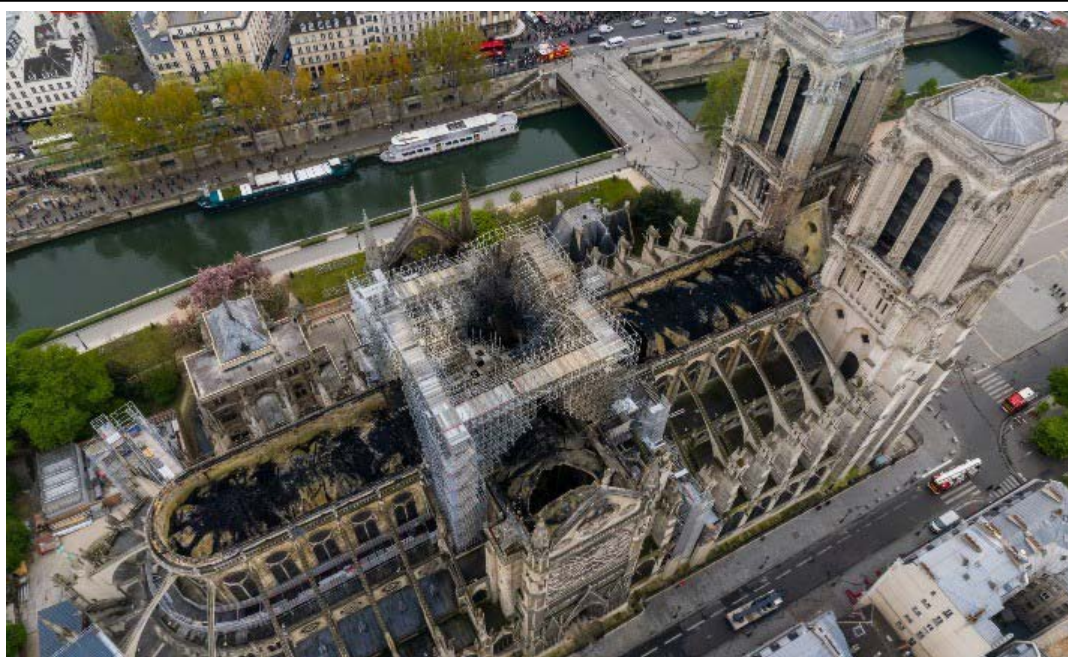


Figure 1

Notre-Dame vue du ciel le 16 Avril 2019, juste après l'incendie. Une partie du toit est visiblement restée sur les voutes, tandis qu'une partie du transept, qui supportait la flèche à sa croisée s'est effondrée.

Le 15 avril 2019, la charpente de Notre-Dame de Paris s’embrasait dans un incendie spectaculaire¹. Le plomb qui recouvrait la toiture, âgé de près de huit siècles pour les plus vieilles travées est désormais dispersé dans les structures de la cathédrale (intérieur extérieur, voutes, parvis...) pour une quantité encore à estimer, se chiffrant en centaines de tonnes. Il est très probable qu’il ne sera pas réutilisé tel quel, et pourrait donc être disponible pour les historiens, mais aussi, potentiellement, pour les physiciens des événements rares. Le plomb le plus ancien de la cathédrale² est a priori débarrassé de toute sa contamination originelle en ^{210}Pb (durée de vie de 22 ans), et en particulier du fond d’Xs et de bremsstrahlung associé à son descendant direct ^{210}Bi ($Q_{\beta}=1.16\text{MeV}$), ce qui en fait un matériau de blindage précieux.



Figure 2

Les trois couvertures de plomb de Notre-Dame, visibles à la croisée du transept, à l’endroit de la flèche : la nef principale (branche ouest) est à gauche ; à droite la branche sud du transept.

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Incendie_de_Notre-Dame_de_Paris

² Le plomb de la couverture du chœur est daté entre 1196 et 1220, et celui de la nef entre 1220 et 1240. Celui recouvrant le transept et la flèche est plus récent, après les modifications des charpentes du transept et l’édification de la nouvelle flèche (250 tonnes de plomb pour cette dernière) réalisées par Viollet-le-Duc en 1860, mais il y a peut-être eu remaniement du vieux plomb du transept ?

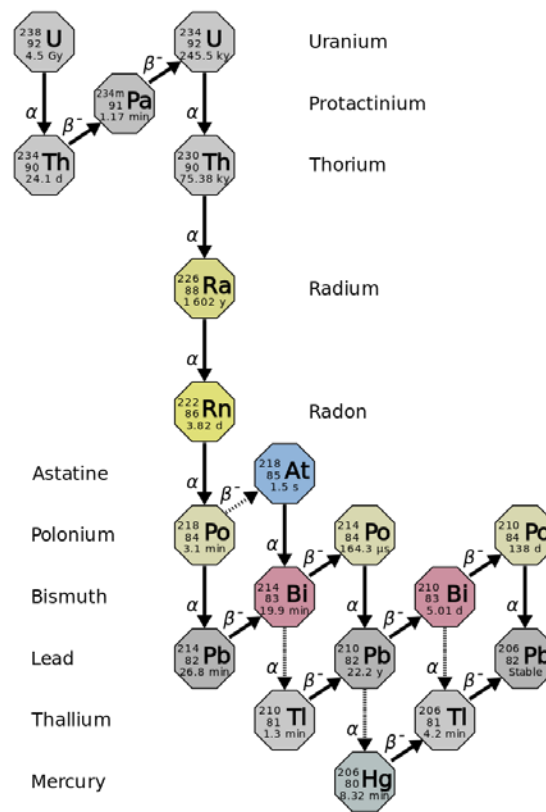


Figure 3

La production du plomb-210 dans la chaîne de désintégration naturelle de l'uranium-238. Lors de l'extraction du plomb du minerai d'origine, l'équilibre séculaire des activités avec celle de l'Uranium est rompu. Le plomb-210 n'est plus alimenté que par des traces de ses parents, dont la proportion dépend des techniques métallurgiques utilisées. La quantité accumulée jusqu'alors décroît, mais seulement avec sa durée de vie de 22 ans...

L'extraction du ^{210}Pb par séparation isotopique du plomb étant prohibitive, le plomb ancien régulièrement associé au blindage proche des expériences de détection d'événements rares, est un matériau très recherché, ordinairement issu d'épaves romaines (comme le plomb de Ploumanac'h utilisé au LSM,...), d'anciens monuments (Versailles,...).



Figure 4

Plomb d'une épave romaine trouvé en Sardaigne (lingot de 23kg) et utilisé comme lest.

Je propose **que notre communauté s'organise** pour manifester officiellement son intérêt pour ce plomb, en propose une analyse de la contamination résiduelle radioactive³, réfléchisse aux étapes ultérieures de transformation (purification⁴, mise en forme, stockage, traçabilité,...) et appuie les négociations éventuelles prévisibles de l'Institut auprès des autorités nationales compétentes pour en avoir récupéré au terme de ce plan de prospective ...

La technique bolométrique que maîtrise l'équipe de Détecteurs Cryogéniques du CSNSM pourrait être mise à disposition dans les réfrigérateurs à dilution du LSM ou du LSC. Elle s'est avérée la plus sensible pour de tels tests, avec des échantillons d'une dizaine de grammes testés en souterrain via la mesure de leur contenu interne en ^{210}Po (émetteur alpha à l'équilibre avec le ^{210}Pb)⁵.

La valeur commerciale de ce plomb est très difficilement estimable, en l'absence de source identifiable, mais elle est certainement très élevée comme on peut l'apprécier sur le tableau suivant :

Qualité de plomb	^{210}Pb ⁶	Origine	Prix	Date
Bas bruit	< 30 Bq/kg	S ^{té} Plombum	5€/kg	2011
Ultra Bas Bruit	< 3 Bq/kg	S ^{té} Plombum	31€/kg	2018
Archéologique	< 0.8 mBq/kg ⁷	Epave romaine (Sardaigne)		

Tableau 1

Radio-pureté ^{210}Pb des différentes qualités de plomb et prix commercial

Si le prix devait suivre la radio-pureté en ^{210}Pb comme les deux premiers prix proposés, et s'il était commercialisé, un plomb de qualité équivalente au plomb archéologique sarde pourrait atteindre au moins 10 000 €/kg... On imagine bien l'impossibilité pour les physiciens de construire des blindages

³ Incidence d'une exposition aux rayons cosmiques ?

⁴ Ultrapurification of Archaeological Lead; R. S. Boiko et al. Inorganic Materials (2011),47, pp 645–648

⁵ A. Alessandrello et al., Nucl. Instr. Meth. B 142, 163(1998). Measurements of internal radioactive contamination in samples of Roman lead to be used in experiments on rare events

⁶ Correspondance activité/concentration: $1 \text{ Bq/kg} = 4 \cdot 10^{-16} \text{ atomes } ^{210}\text{Pb}/\text{atomes Pb}$. Le ^{210}Pb est vraiment à l'état de traces infimes dans le plomb, indétectables par les méthodes analytiques classiques.

⁷ Radiopurity of an archeological Roman Lead cryogenic detector, L. Pattavina et al., [arXiv:1904.04040v3](https://arxiv.org/abs/1904.04040v3).

ultra-purs avec du plomb d'origine commerciale de qualité « archéologique », car il serait inabordable (1 tonne=10 M€ ?).

Au regard de ce prix élevé, la réserve importante de plomb ancien issu des couvertures de Notre Dame constitue potentiellement un authentique trésor national légué par nos ancêtres au Moyen-Âge, que nous ne devrions pas ignorer⁸.

Pour plus d'informations sur la façon dont la communauté s'organise (je n'ai pas d'information sur une implication formelle jusqu'ici de l'IN2P3), on pourra consulter les liens suivants :

Au CNRS :

Journal du CNRS, 18 juin 2019 : [Notre-Dame, la recherche s'organise](#)

Au CEA :

Fabrique de Savoirs , 10 juillet 2019 : [Notre-Dame de Paris : les chercheurs s'organisent](#)

⁸ J'ai alerté les autorités (Mairie de Paris, Direction Générale des Patrimoines au Ministère de la Culture) dès le 17 Avril de l'intérêt potentiel de ce plomb pour les physiciens des événements rares, de la nécessité de le préserver en dehors de tout intérêt historique, et contacté également les responsables du groupe de travail «plomb » du chantier « CNRS-Notre-Dame » mis en place après l'incendie, pour que nous soyons associés à ces études.