

TOURISTES visitez à ROYAT



La Célèbre GROTTTE DU CHIEN

Son musée, sa caverne volcanique, ses expériences.

POUR TOUTS RENSEIGNEMENTS Téléphonez 73 19 05 50

Boulle D. ARNAUD - Clamart 75

Le banc des belles-mères a-t-il contribué au succès de la Grotte du chien de Royat-Chamalières? Peut-être, si l'on en croit l'une des premières affiches publicitaires du lieu...

> Mais le clou était évidemment la visite proprement dite de la grotte, sous la conduite d'un guide, seul habilité à en ouvrir la porte et à en dévoiler le secret pluriséculaire. Là, installé sur une estrade dressée en surplomb de la nappe de gaz carbonique, le cicérone débitait son boniment dans une semi-pénombre propice au mystère. Il agrémentait ses propos d'expériences amusantes de physique et chimie: il remplissait un arrosoir de dioxyde de carbone et en versait le contenu sur une bougie allumée qui s'éteignait aussitôt; il fabriquait des bulles de savon qui venaient rebondir sur la couche de gaz invisible; il manipulait des feux grégeois... Dans un coin de la grotte, le «banc des belles-mères», source intarissable de plaisanteries plus ou moins subtiles, ajoutait une touche d'ironie (voir l'affiche ci-dessus).

À ROYAT-CHAMALIÈRES, DU PUBLIC, MAIS PAS DE CHIEN!

Le spectacle était donc bon enfant. Surtout, on n'y torturait plus les chiens pour les besoins de la démonstration. En effet, depuis 1850, la «loi Grammont» (du nom du général Jacques Delmas de Grammont, député de la Loire,

auquel il faut rendre ici hommage) interdisait en France ce genre de spectacle barbare. Au début du xx^e siècle, le *Guide Joanne* insistait lourdement sur ce point: «L'expérience du chien ne se fait pas ici: elle est interdite par la loi Grammont; le gardien se borne à plonger dans le gaz une flamme qui s'éteint aussitôt.»

La Grotte du chien de Royat-Chamalières traversa tout le xx^e siècle, avec des hauts et des bas. Mais il fallut bientôt se rendre à l'évidence: la curiosité était passée de mode et son exploitation s'avérait peu rentable. L'adjonction d'une petite salle audiovisuelle, à l'étage du chalet d'accueil, n'y fit rien. Dans le même temps, les normes de sécurité et d'accessibilité devenaient de plus en plus contraignantes.

Cette «grotte scientifique unique en France» dut donc fermer définitivement ses portes en 2004. Depuis, le silence est retombé sur ce lieu jadis si animé, même si la ville de Chamalières, qui en est propriétaire, s'efforce de trouver une solution. À l'heure où l'on parle beaucoup de relocalisations, on ne peut que souhaiter la réouverture de ce lieu patrimonial, témoignage d'une époque où la science était une véritable fête. ■

BIBLIOGRAPHIE

T. Lefebvre et C. Raynal, *Voyage en CO₂. De la Grotta del Cane de Naples à la Grotte du chien de Royat-Chamalières*, Glyphe, 2020.

B. Bensaude-Vincent et S. Loeve, *Carbone : ses vies, ses œuvres*, Le Seuil, 2018.

W. R. Halliday et A. Cigna, *The Grotta del Cane (Dog Cave), Naples, Italy, Cave and Karst Science*, vol. 33, n°3, 2006.



Comment les sciences peuvent-elles
nous aider à appréhender l'après-crise?

Comment vivre avec le numérique
dans le respect des règles éthiques
primordiales pour notre liberté?

« **Et après ?** », une collection de livres numériques
pour penser le monde d'après



R

ENDEZ-VOUS

P.82 Logique & calcul

P.88 Idées de physique

P.92 Chroniques de l'évolution

P.96 Science & gastronomie

P.98 À picorer

LE SECRET D'ARSÈNE LUPIN : LES SUPER-PERMUTATIONS

Comment représenter toutes les permutations possibles d'un ensemble par une courte séquence? Ce jeu de tassement n'intéresse pas seulement les mathématiciens: il peut aussi aider les étourdis, les cambrioleurs et les voyageurs de commerce.

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
professeur émérite
à l'université de Lille
et chercheur au
laboratoire Cristal
(Centre de recherche
en informatique, signal
et automatique de Lille)



Jean-Paul Delahaye a notamment publié : **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

Certains problèmes simples passionnent les amateurs de mathématiques et les conduisent aux sommets de la recherche. Le problème dont nous allons parler dans cette rubrique est de cette catégorie. Plus étrange et plus rare, une avancée dans les recherches menées sur les superpermutations provient d'un contributeur qui a souhaité rester anonyme! De surcroît, les mathématiques des superpermutations peuvent intéresser les cambrioleurs et les étourdis qui ont oublié leur code.

Les permutations d'un ensemble sont les différentes façons d'en classer les éléments. Il y a par exemple 6 permutations possibles d'un ensemble de trois éléments $\{1, 2, 3\}$ qui sont: 123, 132, 213, 231, 312 et 321.

Dans le cas d'un ensemble ayant n éléments, il y a $n! = n(n-1)\dots 3 \cdot 2 \cdot 1$ permutations possibles. Le nombre $n!$ («factorielle n ») croît très rapidement avec n :

$1! = 1$; $2! = 2$; $3! = 6$; $4! = 24$; $5! = 120$; $6! = 720$; $7! = 5040$; $8! = 40320$; $9! = 362880$; $10! = 3628800$; $11! = 39916800$; $12! = 479001600$; $13! = 6227020800$; $14! = 87178291200$; etc.

Le problème des superpermutations pour n consiste à proposer une suite d'entiers compris entre 1 et n , aussi courte que possible, dans laquelle on trouve chaque permutation de $\{1, 2, \dots, n\}$ comme séquence d'éléments côte à côte.

Pour $n=2$, la suite 121 de longueur 3 est une superpermutation, car on y trouve 12 et 21 qui sont les deux seules permutations

de $\{1, 2\}$. En échangeant le rôle de 1 et de 2, on obtient une seconde superpermutation de longueur 3: 212. Cette possibilité d'obtenir d'autres superpermutations de même longueur dès qu'on en a une fonctionne bien sûr pour tout n , et chaque superpermutation trouvée pour n en donnera $n!$ de même longueur, puisqu'il y a $n!$ façons de permuter les symboles de $\{1, 2, \dots, n\}$.

PREMIÈRES SUPERPERMUTATIONS

Pour $n=3$, la séquence 123121321 est une superpermutation; on y trouve bien les 6 permutations 123, 132, 213, 231, 312, 321, dans l'ordre 123, 231, 312, 213, 132, 321.

Pour la construire, on a pris les 6 permutations et on les a mises les unes derrière les autres en choisissant un ordre permettant de les fusionner au mieux. Derrière 123, on a choisi de mettre 231, ce qui, en les fusionnant, donne 1231 et fait donc gagner 2 symboles par rapport à une juxtaposition sans fusion.

La superpermutation proposée pour $n=3$ a pour longueur 9. Est-il possible d'avoir plus court? La réponse est non. Pour s'en persuader, il faut faire un petit raisonnement (voir l'encadré 1).

Pour des n supérieurs à 3, on peut procéder par tâtonnement ou en utilisant des programmes qui explorent tous les cas possibles. On va voir qu'on rencontre vite les limites de capacité de calcul de nos ordinateurs, car la croissance exponentielle de $n!$ est vraiment très rapide. Il existe cependant des raisonnements généraux donnant des informations sur