

Cosmophonie et Muséographie

Claude Vallée

Centre de Physique des Particules de Marseille¹

Présentation donnée le 14 Juin 2000 dans le cadre d'un cycle de séminaires de muséologie de la Cité des Sciences et de l'Industrie, sur le thème : “ De l'invisible en muséographie : le cosmophone, un cas d'école, et des questions plus générales qui en découlent ”.

¹ CPPM
IN2P3-CNRS et Université de la Méditerranée
163 avenue de Luminy – case 907
13288 Marseille cedex 9
adresse électronique : vallee@cprm.in2p3.fr ; téléphone : 04 91 82 72 46
site internet du cosmophone : cosmophone.in2p3.fr

GENESE

Le cosmophone est issu du sentiment intime qu'Art et Science procèdent tous deux d'une démarche de lucidité. Le vecteur d'évidence y est bien sûr très différent : la force de l'émotion pour l'un, la clarté du concept et son accord avec l'expérience pour l'autre. Mais tous deux se rejoignent dans l'émotion que peut susciter l'appréhension d'un phénomène naturel jusqu'ici insoupçonné.

Mon domaine de recherche (la physique des particules) m'a suggéré que le rayonnement cosmique ferait une bonne matière à ce rapprochement. Après le toucher, un moment envisagé, le son s'est imposé comme médiateur pour sa sensualité et la souplesse de ses techniques de production. Le projet est resté longtemps en sommeil. Il n'a pu se concrétiser qu'après mon arrivée au Centre de Physique des Particules de Marseille, grâce à la proximité de l'Equipe d'Informatique Musicale fondée par Jean-Claude Risset au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique. Richard Kronland, Thierry Voinier, David Calvet et moi-même avons réalisé un prototype de cosmophone d'une surface de cinq mètres carrés, puis avons conçu pour la Cité des Sciences et de l'Industrie l'installation de vingt mètres carrés en construction.

LE COSMOPHONE

Cosmiques

Notre planète est en permanence bombardée de particules élémentaires d'origine cosmique, principalement des protons ou noyaux d'hydrogène. Produits quelque part dans notre galaxie, ces protons sont accélérés à haute énergie par rebonds successifs sur des amas gazeux en mouvement, tels ceux issus de l'explosion d'étoiles en fin de vie, les supernovae. Ils restent confinés dans notre galaxie pendant des dizaines de millions d'années par le champ magnétique galactique. En pénétrant dans l'atmosphère terrestre, les protons cosmiques produisent des avalanches de particules secondaires, pour la plupart absorbées à haute altitude. Seuls les neutrinos (particules fantômes quasi-indétectables) et les muons (sorte d'électrons lourds très pénétrants) atteignent en général le niveau de la mer. Ce sont ces muons que révèle le cosmophone. Ils peuvent se manifester de trois façons : sous forme de particule isolée, sous forme d'une avalanche d'électrons, anti-électrons et photons, issue de l'interaction d'un muon dans la matière avoisinante, ou sous forme d'un bouquet de muons de directions parallèles, issus d'un proton cosmique particulièrement énergétique.

Détection

Dans l'enceinte du cosmophone, les particules d'origine cosmique sont détectées par un réseau de capteurs distribués au sol et au plafond. Parmi les détecteurs possibles, le choix s'est porté sur les lattes de scintillateur plastique, une technique robuste maîtrisée depuis des décennies. Les particules ionisantes y induisent une lumière bleutée de

scintillation, transformée par un photomultiplicateur en une impulsion électrique utilisable de très courte durée. Le signal parasite de la radioactivité naturelle terrestre est supprimé en utilisant le fait que les particules cosmiques traversent le plafond et le sol quasi-instantanément, car elles se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière : leur passage est signé par la coïncidence temporelle de deux signaux observés dans les détecteurs du sol et du plafond. Une telle coïncidence déclenche la lecture de l'ensemble des détecteurs. Les informations sont encodées en format MIDI, norme standard des systèmes audionumériques, puis transmises au dispositif de synthèse sonore.

Sons

Le but de la synthèse sonore est de matérialiser dans l'espace la trajectoire des particules détectées à l'instant même où elles passent. Sur réception des informations des détecteurs, les sons sont synthétisés numériquement en temps réel par un micro-ordinateur dédié, puis convertis en signaux analogiques et dirigés vers un réseau de haut-parleurs directement couplés aux détecteurs. Le passage d'un muon isolé est reproduit en activant principalement les haut-parleurs associés aux deux détecteurs " haut " et " bas " traversés par la particule. Le son synthétisé bascule du plafond vers le sol en quelques fractions de seconde, avec un glissement de sa fréquence qui évoque la vitesse d'une source sonore en mouvement (effet Doppler). Des sons d'impacts émis aux points d'entrée et de sortie du muon renforcent la précision de sa localisation auditive. Les avalanches d'électrons et anti-électrons, plus rares et plus volumineuses, sont matérialisées par des effets de ruissellement sonore.

DIVERSIONS

L'exemple du cosmophone suggère quelques remarques plus générales.

Choix du médium : le son

Le son s'est imposé comme médiateur pour son côté plus immédiat, plus charnel que l'image, support d'abstraction s'il en est. C'est d'abord un vecteur d'énergie mécanique : qui n'a entendu vrombir, dans les films d'anticipation, les réacteurs des vaisseaux interstellaires, pourtant parfaitement silencieux dans le vide ? C'est que le son semble indispensable à l'évocation de la puissance. L'ouïe est aussi " un toucher à distance ", selon le joli mot de Jean-Claude Risset, qui vous met en contact direct avec l'objet lointain. Enfin, le son est une vibration, et " vibrer ", cela veut dire aussi " s'émouvoir ".

Le temps réel en trois dimensions

En l'état actuel de la technique, le son se prête particulièrement bien à la production d'effets spatialisés en temps réel; au-delà même des espérances initiales, puisqu'avant

l'intervention de l'Equipe d'Informatique Musicale seule la matérialisation de l'impact au sol des particules était envisagée. La restitution environnementale est un élément essentiel de qualité dans l'appréhension du phénomène physique.

Résolution de détection et de restitution

L'ouïe possède sur la vue l'avantage paradoxal d'une moindre capacité de localisation spatiale : deux sources sonores placées à la verticale ne sont discriminées que si leurs directions diffèrent de plusieurs degrés. Cela permet d'utiliser des détecteurs rudimentaires et de les espacer notablement (tous les mètres environ dans le cosmophone de la Cité des Sciences). La précision de mesure des trajectoires des particules est modeste mais adaptée à la perception des effets sonores qui les matérialisent. Une restitution visuelle demanderait des détecteurs beaucoup plus précis pour ne pas tromper le spectateur.

La technologie cache la physique

L'imagerie sonore possède un autre avantage : celui de permettre l'occultation complète du dispositif technique qui la crée. Le cosmophone idéal est invisible : en pénétrant dans son espace, le visiteur entend soudain passer les rayons cosmiques, comme si un sixième sens lui révélait brusquement un pan nouveau de l'univers. Cet effacement de la technique est indispensable à l'appréhension du phénomène physique pour lui-même. L'instrument trop présent cache la physique en la mettant en boîte : les objets technologiques comme les lecteurs CD ne sont même plus associés à l'idée de science dans l'esprit du public.

Cela ne signifie pas que l'instrument n'a pas d'intérêt en soi. Mais cet intérêt doit venir dans un deuxième temps, une fois le contact pris avec le phénomène physique. C'est ce qu'ont montré les premières visites organisées sur le prototype du cosmophone : l'expérience sensorielle faite, les visiteurs veulent savoir "comment ça marche", et il est temps alors de leur expliquer.

Pertinence de la médiation

L'utilisation d'une imagerie sonore pourrait susciter la question suivante : l'association de deux phénomènes physiques sans rapport l'un à l'autre (le son et la radiation cosmique) ne serait-elle pas source de confusion plus que d'information pour le public ? C'est en grande partie un faux problème : un objet matériel n'est jamais perçu dans son essence même. La vue ne détecte que les photons qu'il émet, et l'ouïe les vibrations de l'air qu'engendrent ses mouvements. Les phénomènes plus subtils, inaccessibles aux sens, ne sont traqués par l'instrument scientifique que par leurs manifestations très indirectes.

La médiation directe d'un phénomène physique doit s'approcher au mieux du fonctionnement des sens. Trois critères sont essentiels : le temps réel, la restitution in situ, et la réponse analogique du médium aux propriétés du phénomène initial (le terme "analogique" étant ici employé dans le sens, proche de "proportionnel", qu'on lui

donne en traitement du signal). De ce point de vue, dans le cosmophone, l'onde sonore est plus proche de la "réalité" de la particule cosmique que, par exemple, la représentation visuelle de sa trajectoire par une droite : les particules quantiques sont décrites par une fonction d'onde de fréquence donnée, sujette comme le son à l'effet Doppler. Dans un cosmophone élaboré qui mesurerait l'énergie des muons, rien n'interdirait de pousser l'analogie en faisant varier la hauteur du son (sa fréquence) en fonction de l'énergie de la particule, exactement comme c'est le cas pour sa fonction d'onde. Bien entendu, une médiation analogique de ce type doit être accompagnée des explications nécessaires.

Extensions

Les principes qui ont guidé la réalisation du cosmophone peuvent s'appliquer directement à d'autres phénomènes physiques : le rayonnement électromagnétique, la radioactivité naturelle ou la structure atomique de la matière, pour ne citer que ceux-là, pourraient être "mis en scène" de manière similaire.

Mais il est un invisible de deuxième type plus délicat à traiter : la loi quantitative. L'homme a toujours vu tomber des objets, mais ce n'est que depuis peu qu'il sait "comment" ils tombent. C'est que la loi quantitative est tout sauf évidente. Elle s'exprime généralement sous forme d'équations mathématiques difficiles à transmettre. Pour autant, ces équations sont souvent le fruit de la formalisation abstraite d'intuitions plus "primitives". La relativité générale, par exemple, a sa source dans une intuition d'Einstein sur l'équivalence entre masse inerte et masse pesante, qu'il n'a formulée rigoureusement qu'au prix de plusieurs années de travail. Ce cheminement, peut-être est-il possible de le faire en sens inverse et, en dépouillant la loi quantitative de ses oripeaux mathématiques, parvenir à l'expression directe du principe qui la sous-tend.

RETOUR SUR L'ART

" Toute œuvre d'art consiste dans une intégration de la structure et de l'événement. "

(Claude Lévi-Strauss, *La Pensée Sauvage*)

Sans en faire le moteur exclusif de l'expression artistique, trop riche pour se laisser saisir en une formule unique, il est certain que le contraste entre la banalité d'une situation et la maîtrise de son appréhension est une source intense d'émotion esthétique. Dans l'Ecole occidentale, nul peut-être n'a exprimé ce sentiment d'immanence mieux que le peintre Vermeer de Delft. Ce qui a été fait dans le passé avec la géométrisation de l'espace (la perspective), les propriétés de la lumière ou l'harmonie sonore, les progrès de notre compréhension de la nature et des techniques d'expression nous permettent de le développer. Il y a là tout un domaine à explorer pour faire sentir au plus grand nombre la beauté du monde dans toute sa complexité.