

> On peut aussi jouer sur la taille du réacteur. Plus celui-ci est petit, plus les neutrons quitteront la zone active avant d'avoir provoqué une nouvelle fission. C'est l'un des rares aspects défavorables à la miniaturisation!

Enfin, on peut aussi ralentir les neutrons rapides émis par les fissions, ce qui a pour effet d'augmenter leur probabilité d'être réabsorbés. D'où l'utilisation d'un modérateur, c'est-à-dire d'un élément qui ralentit les neutrons sans les absorber. C'est le cas de l'hydrogène de l'eau.

Afin de contrôler activement le taux de réactions dans un réacteur, on utilise en sus des barres absorbantes (de neutrons) que l'on peut plonger plus ou moins dans le cœur du réacteur, là où le matériau fissile est placé. Ces «barres de contrôle» sont en général verticales, de façon qu'elles tombent naturellement sous l'effet de leur poids en cas d'urgence: elles interrompent alors totalement la réaction en chaîne. En les soulevant, on augmente le nombre de fissions, donc la température au sein du réacteur. La chaleur est alors évacuée grâce à un fluide caloporteur et le reste ressemble peu ou prou à des centrales thermiques classiques.

PUISSANCE RÉDUITE, TAILLE RÉDUITE

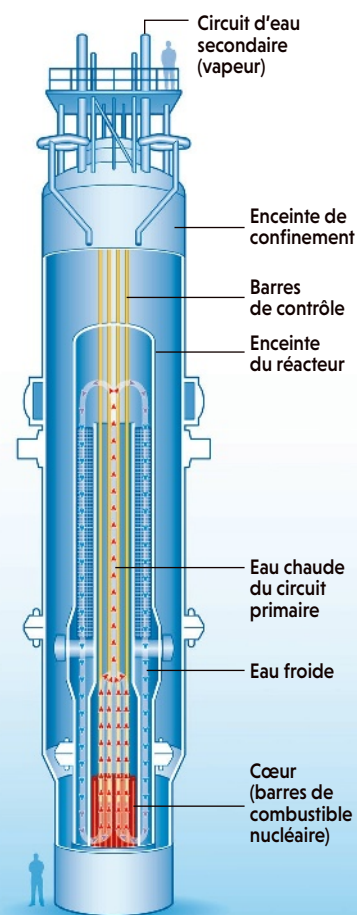
On remarquera que, dans tout ce qui précède, la taille du réacteur n'est pas déterminante dans le fonctionnement. Cependant, comme on a développé les centrales nucléaires afin de produire massivement de l'énergie, leurs réacteurs avaient les tailles requises pour des puissances de l'ordre du gigawatt. Ce gigantisme n'est pas nécessaire si la puissance visée est plus modeste. Ainsi, les réacteurs nucléaires K15 utilisés dans les sous-marins de classe *Le Triomphant* ou le porte-avions *Charles de Gaulle* n'occupent que quelques dizaines de mètres cubes, pour une puissance thermique de 150 mégawatts.

Ce type de réalisations a suscité ces dernières années le développement de projets de petits réacteurs d'une puissance thermique avoisinant la centaine de mégawatts. L'une des principales motivations est que ces réacteurs sont transportables et modulaires.

Celui que conçoit la compagnie américaine NuScale aura ainsi une charge en combustible nucléaire 20 fois plus faible qu'un réacteur nucléaire classique, pour une puissance thermique atteignant 200 mégawatts (ce qui donne environ 60 mégawatts électriques) avec deux ans d'autonomie. Il tient dans un cylindre de

UN RÉACTEUR NUCLÉAIRE COMPACT

La société américaine NuScale développe un réacteur nucléaire qui tient dans un cylindre haut de quelque 23 mètres et de moins de 3 mètres de diamètre. Il produira 60 mégawatts d'électricité, à peu près 15 fois moins qu'un réacteur nucléaire classique. La chaleur dégagée par les réactions de fission du matériau nucléaire (barres de combustible, en bas) chauffe l'eau d'un circuit fermé. L'eau chaude, moins dense, monte et cède sa chaleur à un second circuit (en haut) qui va produire de la vapeur et faire tourner une turbine (non représentée); refroidie, l'eau redescend, se réchauffe en bas, et ainsi de suite. Des barres de contrôle, qui absorbent les neutrons, sont insérées plus ou moins profondément parmi les barres de combustible pour réguler le taux de réactions de fission.



23 mètres de haut et de 2,8 mètres de diamètre qui englobe le cœur, le circuit caloporteur et le générateur de vapeur (voir l'encadré ci-dessus).

La compacité du dispositif réduit considérablement les longueurs de tuyauterie nécessaires et permet d'avoir des dispositifs de sécurité entièrement passifs. Par exemple, la circulation de l'eau du circuit primaire ne nécessite aucune pompe et s'effectue naturellement par effet de thermosiphon (dû à la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide). Il n'y a donc pas besoin d'un générateur diesel de secours en cas d'incident pour faire fonctionner les pompes. D'un poids de 700 tonnes, le réacteur de NuScale peut être transporté en trois segments par camion ou barge. Cette approche permet d'industrialiser toutes les étapes de fabrication, chargement ou déchargement et démantèlement. Les étapes sensibles sont ainsi réalisées dans une usine dédiée et non plus là où l'électricité est produite.

Cette approche règle ainsi un certain nombre de problèmes inhérents à la fabrication, au fonctionnement et au démantèlement des centrales nucléaires classiques. C'est toutefois au prix d'autres inconvénients, notamment les risques de dissémination si les sites d'implantation de ces réacteurs se multiplient trop. ■

BIBLIOGRAPHIE

Multi-mission radioisotope thermoelectric generator (MMRTG), document de la Nasa, 2020 : <https://go.nasa.gov/3jj99RB>

J. Doyle et al., **Highly reliable nuclear power for mission-critical applications**, Proceedings of ICAPP 2016, San Francisco, 2016.

Les monographies du nucléaire, documents du CEA : <https://bit.ly/2Sc7xNJ>

Covid-19, réflexions sur une pandémie

tables rondes - carte blanche

novembre 2020 — janvier 2021

cité

sciences
et industrie

La crise sanitaire du coronavirus 2019 a touché l'ensemble de la planète et a bouleversé l'organisation de nos sociétés. Elle a ébranlé la médecine et la recherche, les populations vulnérables, le lien social, les conditions de travail, les modes de consommation et la communication. Face au risque, les attitudes des gouvernements et des individus étaient différenciées en fonction de la gestion de la crise, des systèmes de soin et des conditions socio-économiques. La réflexion s'impose pour répondre aux nombreuses questions soulevées par cette Pandémie. À quels enjeux éthiques sommes-nous confrontés? D'où vient le virus et comment s'est-il répandu? De quelle façon la recherche s'est-elle mobilisée? Comment analyser la gestion de la crise sanitaire à l'échelle mondiale? Pourquoi la désinformation sur la Covid-19 est-elle devenue virale? Quelles leçons tirer de cette situation inédite pour imaginer le monde d'après et agir?

> 10 novembre à 18h30

Réflexions éthiques et sociétales pour temps de pandémie

Anne Caron-Dégliise, magistrat, avocate générale à la Cour de cassation; Régine Benveniste, psychiatre, membre du Collectif les Morts de la Rue; Fabrice Gzil, philosophe, responsable des réseaux, Espace de réflexion éthique de la région Île-de-France; Patrick Lagadec, directeur de recherche honoraire à l'École polytechnique; Didier Sicard, président d'honneur du Comité consultatif national d'éthique.

Modération: Emmanuel Hirsch, professeur d'éthique médicale, Université Paris-Saclay, directeur de l'Espace de réflexion éthique de la région Île-de-France.

> Les mardis 5, 12, 19 et 26 janvier, à 19h

Covid-19, quels enseignements pour l'avenir?

■ 5 janvier

De l'émergence du virus à la pandémie

Barbara Dufour, vétérinaire, professeur de maladies infectieuses et d'épidémiologie à l'École vétérinaire d'Alfort; Frédéric Keck, anthropologue, directeur de recherche CNRS, Laboratoire d'anthropologie sociale; Serge Morand, écologue, directeur de recherche au CNRS, à l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier, chercheur au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad).

■ 12 janvier

La recherche sur le virus: alliance ou concurrence?

Dominique Costagliola, épidémiologiste, directrice de recherche Inserm, membre de l'Académie des sciences, directrice adjointe de l'Institut Pierre-Louis d'épidémiologie et de santé publique (IPLESP), Sorbonne Université; Léo Coutellec, maître de conférences en épistémologie et en éthique des sciences; Izabela Jelovac, économiste, directrice de recherche CNRS au Groupe d'analyse et de théorie économique Lyon-St Étienne.

■ 19 janvier

Face à la crise sanitaire: des stratégies contrastées

Olivier Borraz, sociologue, directeur de recherche CNRS, directeur du Centre de sociologie des organisations Sciences Po-CNRS; William Dab, épidémiologiste, professeur émérite d'hygiène et sécurité du Cnam, ancien directeur général de la Santé; Jocelyn Raude, psychologue social, maître de conférences à École des hautes études en santé publique (EHESP), chercheur à l'Unité des virus émergents.

■ 26 janvier

Covid-19, nos sociétés démasquées

Mireille Delmas-Marty, juriste, professeure honoraire au Collège de France et membre de l'Académie des sciences morales et politiques; Didier Fassin, sociologue, titulaire de la chaire santé publique au Collège de France (intervention en visio-conférence); Barbara Stiegler, philosophe, professeure à l'université Bordeaux-Montaigne (sous réserve).

■ 28 janvier à 19h

Carte blanche à Mathias Girel

Covid-19: de la rumeur à la désinformation

Devant l'urgence médicale, des scientifiques, des responsables politiques et des journalistes seraient-ils passés par-dessus les règles d'une science intègre? L'espace médiatique et surtout les réseaux sociaux ont été envahis par les rumeurs, les soupçons et les manipulations au risque d'amplifier la crise causée par la Covid-19. Qu'est-ce qui a nourri et entretenu ces mystifications? En quoi les épidémies se prêtent-elles si bien aux infos? Pourquoi et comment en est-on arrivé à parler d'« infodémie »?

Mathias Girel, maître de conférences au département de philosophie à l'ENS. s'entoure de personnalités de son choix pour échanger sur un sujet qui lui tient à cœur.

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne Université,
à Paris

CE QUE LA PHYLOGÉNIE RACONTE DES ÉPIDÉMIES

Si l'histoire et l'épidémiologie retracent les épidémies du point de vue humain, la phylogénie prend celui des microorganismes... et apporte parfois des réponses inattendues.

De puis que le SARS-CoV-2, le coronavirus responsable de la pandémie de Covid-19, a été séquencé, en janvier 2020, nombre d'équipes tentent de reconstituer son histoire. Et s'il est délicat de déterminer le circuit qu'il a suivi parmi les humains tant les différentes souches humaines du virus se ressemblent, son origine évolutive se précise déjà. Les reconstructions de l'arbre des sarbecovirus, le sous-genre de coronavirus qui inclut le SARS-CoV-2, semblent converger vers l'idée que le virus humain proviendrait de chauves-souris et que la lignée dont il est issu aurait circulé pendant des dizaines d'années chez ces animaux avant de débarquer chez l'humain, tandis que le pangolin n'aurait été qu'un intermédiaire de transmission entre la chauve-souris et l'humain.

De fait, aujourd'hui, grâce au séquençage à haut débit, la phylogénie moléculaire – l'étude des arbres de parenté des espèces par comparaison de leurs génomes – est devenue un outil incontournable pour

comprendre les épidémies du point de vue de leurs agents pathogènes. Elle offre même la possibilité de reconstituer l'histoire d'épidémies qui, jusque-là, avaient gardé leur part de mystère, soit parce qu'elles sont très anciennes, soit parce que, bien que récentes, elles présentent d'étranges caractéristiques. C'est ainsi que, tout récemment, deux énigmes très différentes ont été résolues, l'une concernant la peste de Justinien et l'autre, la maladie de la langue bleue, une épizootie qui a atteint le bétail européen à deux reprises dans les années 2000.

Les historiens distinguent trois grandes pandémies de peste. La peste de Justinien, du VI^e au VIII^e siècle, la « mort noire » du XIV^e au XVIII^e siècle et la toute récente pandémie des XIX^e et XX^e siècles. C'est au cours de cette dernière, en 1894 à Hong Kong, que le pasteurien Alexandre Yersin a découvert le bacille de la peste, nommé en son honneur *Yersinia pestis*. S'il ne fait aucun doute que cette bactérie est bien la cause de la mort noire, c'est beaucoup moins clair concernant la peste de Justinien. Était-ce une peste au sens de la médecine moderne

La peste existait peut-être 1 500 ans avant notre ère : le papyrus Ebers, remontant à cette époque, décrit une maladie qui y ressemble, et l'archéozoologie montre que le rat du Nil (*Arvicanthis niloticus*) et la puce *Xenopsylla cheopis* étaient présents et pouvaient servir de réservoir de l'agent pathogène.



Sur cette image de microscopie électronique à balayage, une multitude de bactéries (en jaune) ont colonisé les épines qui tapissent la partie antérieure du système digestif de la puce, le proventricule (en rose).



Hervé Le Guyader
a récemment publié :
**Biodiversité, le pari
de l'espoir,**
(Le Pommier, 2020).