

Coronavirus : ce que sait la science !

Transmission, traitement, vaccin, recherches en cours... En 13 questions-réponses, l'exposition « Coronavirus : ce que sait la science ! » propose une revue du savoir, simple et accessible, sur l'épidémie de Covid-19.

Les sciences nous aident à comprendre le monde et la culture scientifique doit aller à la rencontre de tous. En cette période de crise sanitaire, le Palais de la découverte et la Cité des sciences et de l'industrie repensent leurs offres et vous proposent cette exposition virtuelle gratuitement, en ligne et en téléchargement. Pour une viralité du savoir avant tout ! #LaScienceEstLà #CultureChezNous

A. Quel rapport entre le Covid-19 et la pneumonie ?

La maladie Covid-19 se manifeste par une **pneumonie** particulière. Une pneumonie est une infection des poumons qui apparaît brutalement. **Les alvéoles des poumons** se remplissent alors de pus et de liquide au lieu de se gorger d'air pour fournir le dioxygène au sang (voir figure). Cela provoque de la fièvre et une toux importante, rend la respiration difficile et douloureuse et limite notamment l'apport d'oxygène à l'organisme.

Généralement les pneumonies sont causées par la prolifération d'une bactérie, comme le pneumocoque, ou d'un virus, comme celui de la grippe influenza ou le récent SARS-CoV-2 provoquant la maladie Covid-19. Dans le cas des bactéries, les alvéoles touchées sont généralement très localisées dans une partie du poumon, tandis qu'**une pneumonie virale est, en général, plus étendue** : ces différences seront donc visibles en réalisant un scanner des poumons. Mais pour identifier formellement le virus il faut réaliser un prélèvement, par exemple dans la gorge.



© J. Mihoubi/Universcience





B. Comment savoir si on est porteur du coronavirus SARS-CoV-2 ?

À ce jour, la seule façon d'identifier de façon certaine la présence du coronavirus SARS-CoV-2 chez un patient est la détection du **matériel génétique de ce virus**. Pour cela, les médecins effectuent un prélèvement des sécrétions, du mucus, soit par grattement dans la gorge ou le nez avec une sorte de « coton-tige », soit par lavage broncho-alvéolaire. Les gènes du virus repérables dans le mucus seront ensuite identifiés grâce à une technique appelée réaction de polymérisation en chaîne par transcription inverse (RT-PCR), qui prend 1 heure et nécessite ensuite une lecture du résultat.

Par ailleurs, **un scanner des poumons** peut être utile pour connaître l'état de pneumonie ou aider, sans attendre le test génétique, à orienter le diagnostic vers la présence du SARS-CoV-2 (voir question A). Aujourd'hui les tests ne sont pas faits systématiquement. On connaîtra précisément la proportion de personnes infectées après l'épidémie, en analysant les anticorps fabriqués par l'humain contre ce virus et présents au sein d'un échantillon représentatif de population. Ce test, appelé sérologie, se fait généralement via une prise de sang.

C. Le SARS-CoV-2 et l'humain viennent-ils de se rencontrer ?

Cette question est cruciale pour savoir s'il existe, ou pas, **une forme d'immunité contre ce virus** dans l'espèce humaine. Si ce n'est pas le cas on parle de virus émergent, soit parce qu'il provient d'un ancien virus qui aurait suffisamment changé par mutation, soit parce qu'il était jusqu'alors inconnu chez l'humain. Le SARS-CoV-2 relèverait du deuxième cas.

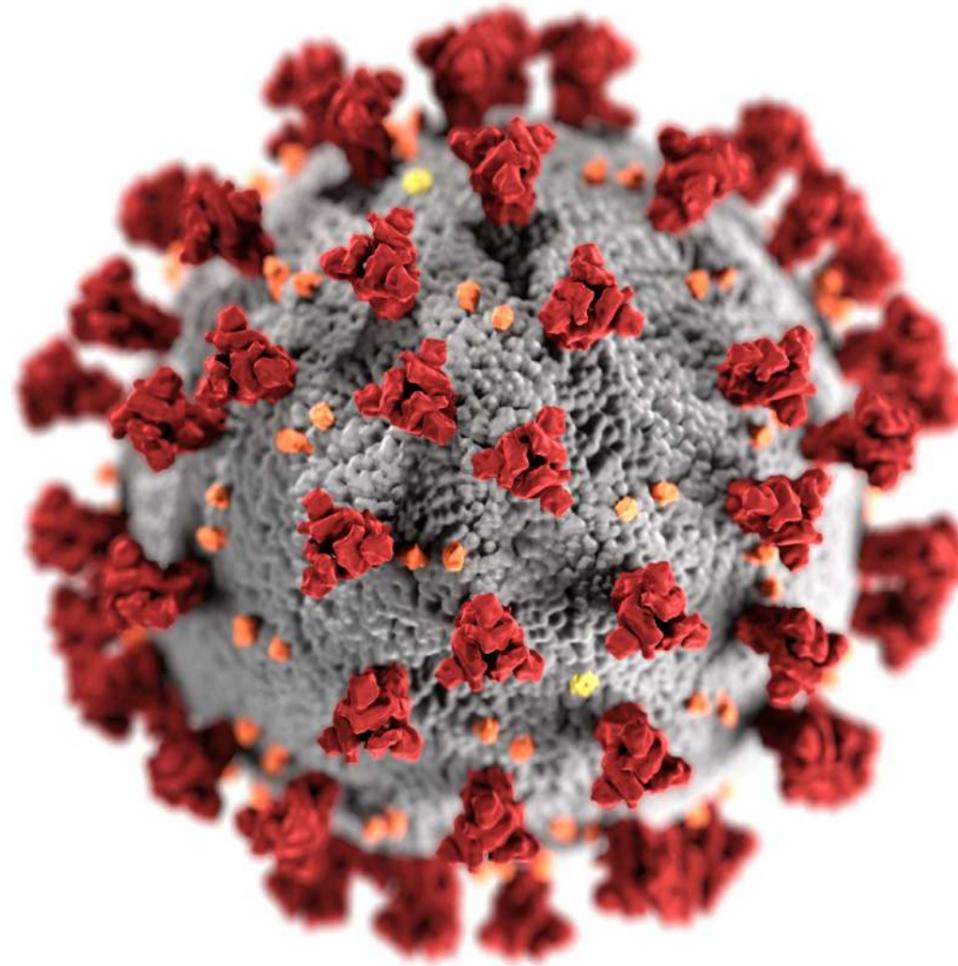
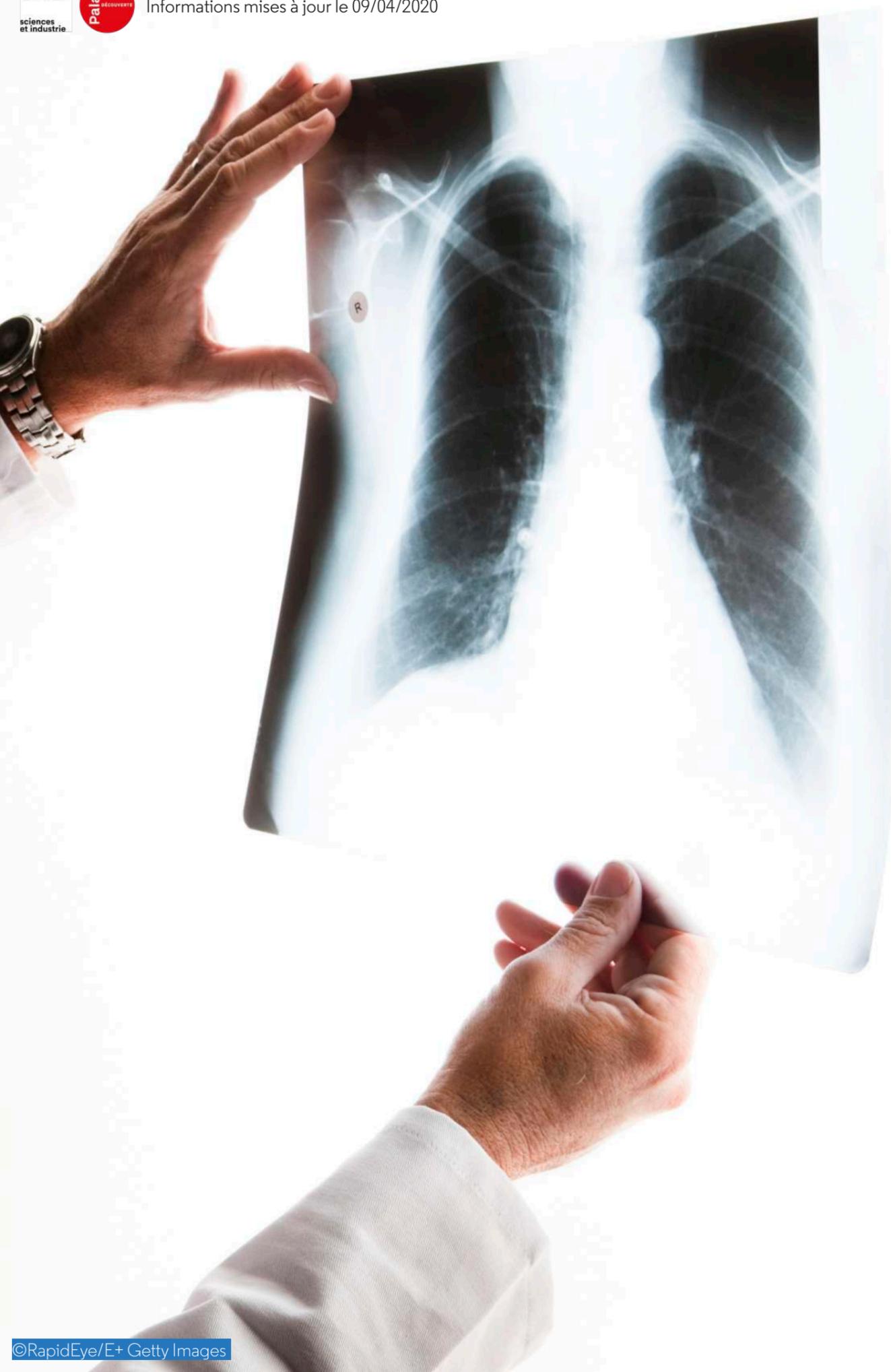


Image reproduisant la morphologie d'un coronavirus, où l'on distingue les spicules répartis tout autour de sa surface

© NIAID-RML

Même s'il existe d'autres coronavirus, **celui-ci possède des différences génétiques suffisamment grandes pour être considéré comme nouveau.**

Par ailleurs, le matériel génétique des coronavirus est connu pour accumuler des changements par mutations au cours du temps. Or, les scientifiques ont démontré que les échantillons du virus SARS-CoV-2 provenant de différents patients étaient génétiquement très proches : le virus n'a donc pas encore eu le temps d'accumuler beaucoup de mutations depuis qu'il est capable d'infecter notre espèce. Ainsi, il est très probable que ce virus n'ait qu'une seule origine animale et n'ait infecté que **depuis très récemment** l'humain, qui n'a pas encore pu développer une immunité à son égard.



D. La maladie Covid-19, c'est une grosse grippe ?

Non, la maladie Covid-19 est différente de la grippe. Et la comparaison est encore plus trompeuse si l'on confond **la grippe pandémique**, très rare, et **la grippe saisonnière** qui circule d'un hémisphère de la planète à l'autre et y séjourne tous les ans tant que les conditions y sont hivernales. Cette dernière est bénigne en général mais occasionne, notamment chez les personnes âgées, une surmortalité qu'on estime tout de même entre 290 000 et 650 000 décès chaque année dans le monde. Les traitements antiviraux et la vaccination empêchent que le bilan ne soit plus lourd.

De son côté, la grippe pandémique est causée à chaque fois qu'**un nouveau sous-type de virus** apparaît. La « grippe espagnole » de 1918-1919 était causée par un virus H1N1, la grippe asiatique de 1957-1958, par un virus H2N2, et en 2009 un nouveau virus H1N1 s'est propagé. À l'origine de ces épidémies, il y a un transfert d'une espèce animale à l'humain (passage de la barrière d'espèce), puis le virus se propage par contamination interhumaine. Le nouveau virus peut alors infecter une population humaine plus élargie car elle est dépourvue d'anticorps contre lui.

La grippe pandémique est donc un bon modèle pour les épidémiologistes qui cherchent à prédire l'évolution de la maladie Covid-19, mais ils doivent prendre en compte les différences biologiques qui existent entre les deux types de virus. En effet ils appartiennent à **des familles distinctes**, ne se fixent pas sur les mêmes récepteurs cellulaires de l'hôte et agissent donc différemment. C'est pourquoi il faut rechercher d'autres traitements antiviraux contre le Covid-19.

E. Comment limiter la transmission ?

Pour contenir ou ralentir la propagation du virus, il est essentiel de connaître ses voies de transmission. Le SARS-CoV-2 se transmet de personne à personne et essentiellement de deux façons : **par contact et par voie aérienne**. Le virus prolifère dans les sécrétions respiratoires et sort de l'organisme sous forme de gouttes de liquide que l'on peut émettre en parlant, avec une portée allant jusqu'à 2 mètres, et plus loin encore quand on tousse ou que l'on éternue. Les gouttelettes contenant du virus sont projetées dans l'air puis retombent sur les surfaces. Un sujet sain à proximité peut les inhaler et être infecté. Des microgouttelettes, appelées **aérosols**, peuvent rester plus longtemps en suspension dans l'air avant de retomber, voire être entraînées par des courants d'aération. On ne sait pas encore si le virus reste infectieux dans de telles conditions, mais il est recommandé aux personnes saines de porter un masque lorsqu'elles visitent un lieu peu aéré pour se protéger des aérosols. La transmission émane de toute personne infectée par le virus, quand bien même elle n'a pas encore déclaré la maladie ou qu'elle reste asymptomatique. Le port du masque est donc également conseillé pour éviter de contaminer les autres en arrêtant physiquement une partie des gouttelettes émises.

Une fois retombées, les gouttelettes émises par une personne déjà infectée se retrouvent sur la peau, les mains et les objets qu'elle a touchés. Il a été démontré en conditions contrôlées au laboratoire que les virus peuvent demeurer actifs hors d'un sujet porteur de quelques heures à quelques jours. Pour le SARS-CoV-2, cette durée semble dépendre de la nature de la surface et augmenter avec l'humidité (voir question M). En touchant les surfaces souillées, un sujet sain se retrouve exposé. **Le virus ne rentre pas par la peau mais par le contact des mains sur le nez ou la bouche si elles n'ont pas été lavées**. Les scientifiques examinent également la possibilité d'une voie d'entrée par le frottement des mains sur les yeux.

Pour certaines pathologies virales, et peut-être pour la maladie Covid-19, il existe des personnes infectées qui transmettent le virus à un grand nombre de sujets sains. On parle alors d'événements de « super-propagation ». Cela peut notamment se produire si ces personnes sont entrées en contact avec un grand nombre de sujets, par exemple lors d'un rassemblement, ou si elles possèdent une concentration de virus (charge virale) exceptionnellement élevée. En Corée du Sud, les autorités sanitaires ont examiné l'emploi du temps des premiers cas avérés de Covid-19 et rapportent qu'un de ces cas, avant d'avoir été dépisté positif, a participé à deux rassemblements au sein desquels plus de 1 000 personnes ont ensuite été testées positives.



F. Quelles pistes de vaccin suit-on contre le Covid-19 ?

Quand nous « tombons malades » et que nous « guérissons », c'est le résultat d'une rencontre entre un microbe et **notre système immunitaire** (voir question K). Les vaccins utilisent ce phénomène. Lorsque notre système immunitaire défend notre organisme, il a plusieurs cordes à son arc. L'une d'elles est de produire des anticorps neutralisants, qui vont spécifiquement bloquer l'action d'un microbe donné en se fixant sur lui. L'avantage de ce mécanisme de défense est qu'il peut rester « en mémoire » dans notre organisme : les cellules qui produisent les anticorps spécifiques à certains microbes peuvent rester plusieurs années (voire des décennies) dans notre corps, prêtes à répondre encore plus rapidement à la prochaine intrusion de ces mêmes microbes. **La vaccination repose sur ce principe de « défense » et de « mémoire ».**

Vacciner consiste à simuler une première rencontre entre un microbe et nos cellules de l'immunité mais sans provoquer la maladie. Si le microbe se présente ensuite la réponse de nos anticorps sera rapide, plus efficace et notre corps mieux protégé. Un des moyens pour créer un vaccin est d'utiliser un « vecteur », c'est-à-dire **un autre virus rendu non pathogène**, qui va servir de support sur lequel sont ajoutés des composants du microbe que l'on veut cibler. Il mime la présence du microbe. C'est justement la stratégie utilisée actuellement pour le vaccin le plus avancé contre un autre coronavirus s'attaquant à l'humain. Il s'agit du MERS (Middle East Respiratory Syndrome), virus provoquant régulièrement des épidémies à symptômes respiratoires au Moyen-Orient depuis 2013. Le premier test chez l'animal de ce vaccin a été réalisé en 2015. Aujourd'hui, ce vaccin est toujours en cours de test dans les populations à risque au Moyen-Orient.

On gagne beaucoup de temps dans la recherche d'un vaccin contre le virus SARS-CoV-2 en exploitant ces travaux sur le MERS mais aussi ceux sur un autre membre de la famille des coronavirus : le SRAS. En effet, en réutilisant ces travaux, une équipe américaine, doublée d'une start-up, ont lancé le 16 mars 2020 un test clinique de vaccin (appelé mRNA-1273), enrôlant 45 volontaires sains de 18 à 55 ans. Cependant, si le processus de validation suit son cours normalement, **le vaccin ne pourra pas être disponible avant dix-huit mois, ce qui est un délai très court** par rapport au développement classique d'un vaccin sans études préalables (voir question G).

G. Pourquoi mettre au point un vaccin prend-il si longtemps ?

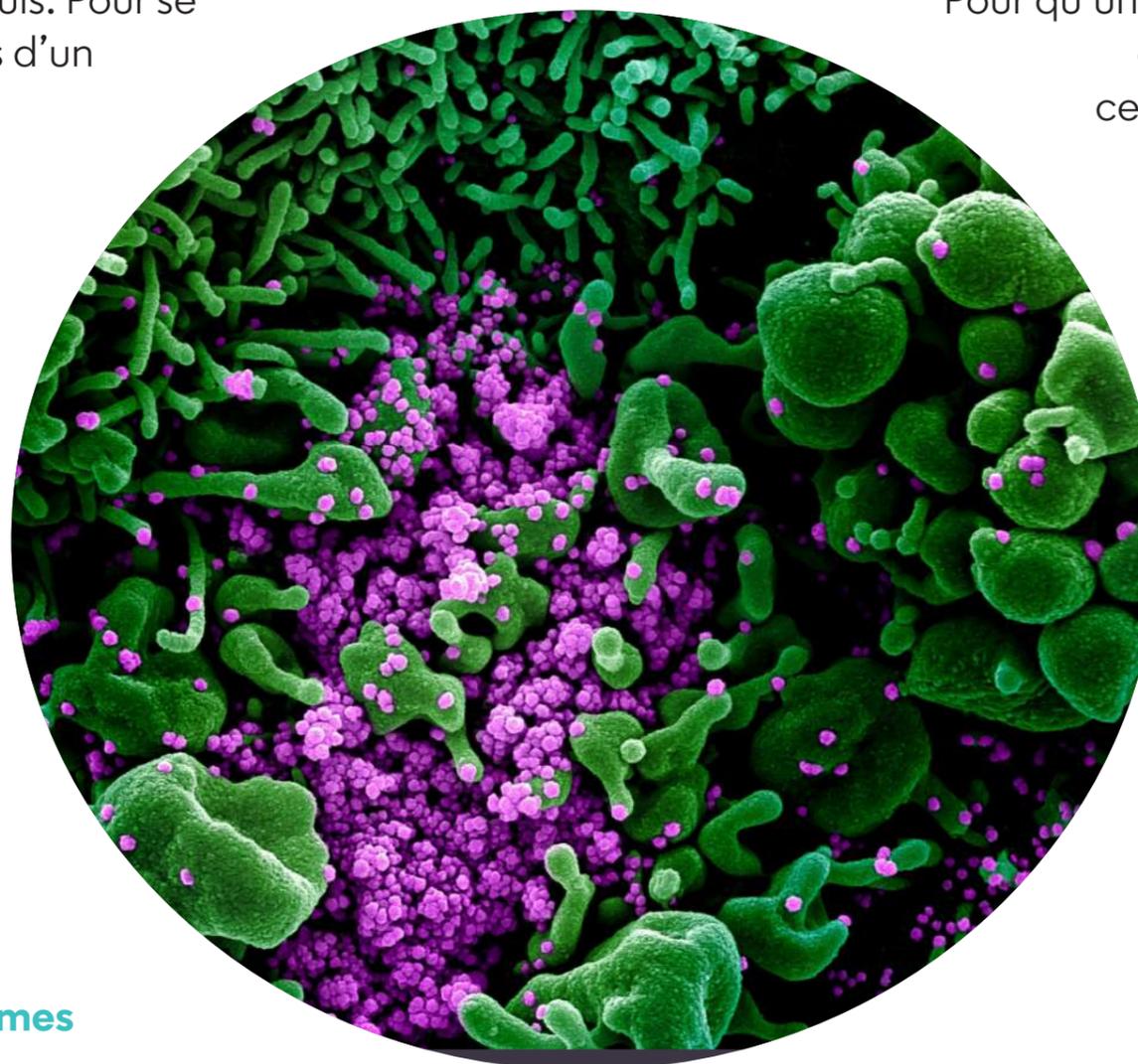
La mise au point d'un vaccin se fait en plusieurs étapes. En premier lieu il faut **comprendre comment le microbe fonctionne** : comment il infecte et ce qui le rend pathogène. Ensuite il faut choisir le type de vaccination. Par exemple, cherche-t-on à atténuer la virulence du microbe ? Utilisons-nous un vaccin existant en essayant de l'adapter (voir question F) ? Une fois un prototype prometteur obtenu, viennent les premières étapes de **test en laboratoire**. Le vaccin est testé en « préclinique » sur des cellules en culture, donc **in vitro**, puis **in vivo** sur un petit animal et enfin sur les grands mammifères. Il faut vérifier à chaque étape que le vaccin provoque bien une production d'anticorps protecteurs et qu'il n'entraîne pas d'effets secondaires.

Les tests sur populations humaines peuvent alors commencer, on parle ici de phase de recherche clinique. Pour ce faire, **des cohortes de volontaires** compatibles avec ces tests doivent être recrutées. Il s'agit, à ce stade, de démontrer que l'injection du vaccin ne provoque pas d'effets secondaires, de trouver le juste dosage, le bon rythme des injections successives et de vérifier que les personnes vaccinées produisent bien des anticorps contre le microbe. **Une dernière validation à grande échelle du vaccin** ne pourra être faite que sur une grande cohorte de patients vaccinés. Toutes ces étapes prennent du temps, généralement deux à cinq ans, parfois dix ans ! Suite à sa commercialisation, le vaccin est dans son ultime phase, celui de son suivi au fil des années chez les patients.



H. Pourquoi le virus ne s'attaque qu'à certains organes ?

Les virus ne peuvent pas se multiplier tout seuls. Pour se répliquer, ils ont besoin d'infecter les cellules d'un hôte. Pour cela, **les virus ont à leur surface des protéines qui sont de véritables clés d'entrée**. En effet, nos cellules possèdent une membrane qui joue le rôle d'une frontière, hautement contrôlée, entre l'intérieur et l'extérieur. Pour autant, les cellules ont naturellement besoin de faire entrer des éléments nécessaires pour elles (comme des acides aminés récupérés après la digestion d'un repas) ou de libérer dans le corps des éléments qu'elles produisent. Ces échanges sont finement régulés par des récepteurs présents à la surface de la cellule. Mais comme les besoins des organes sont différents, les récepteurs de leurs cellules ne sont pas les mêmes. **Par exemple une cellule de foie n'a pas les mêmes besoins qu'une cellule de poumon.**



Pour qu'un virus soit pathogène pour l'humain, sa surface doit posséder des protéines compatibles avec certains de ces récepteurs de cellules humaines. Dans le cas des coronavirus, ce sont **les « spicules »** qui jouent ce rôle. Ces éléments forment une sorte de couronne autour du virus (d'où son nom, « corona » signifiant couronne en latin). Ce sont les clés d'entrée. Ainsi, les virus responsables du SRAS et du Covid-19 pénètrent dans notre corps notamment par les voies respiratoires (voir question E) et, comme des clés ne sont adaptées qu'à certaines serrures, leurs spicules sont compatibles avec un récepteur très présent à la surface des cellules des alvéoles pulmonaires (voir question A). **C'est pourquoi ces virus se retrouvent principalement dans les poumons.** Cette attaque ciblée est appelée « tropisme cellulaire ».

Image du SARS-CoV-2, isolé à partir d'un patient, obtenue par microscopie électronique montrant une cellule (en vert) infectée par le virus (en violet).



I. Comment une maladie peut-elle passer de l'animal à l'homme ?

Quand un micro-organisme, présent initialement dans la faune sauvage ou domestique, provoque une maladie infectieuse humaine, on appelle cela **une zoonose**. Cette transmission d'animal à homme implique **une rupture de la barrière d'espèce**, c'est-à-dire que le micro-organisme en évoluant et à force de contacts répétés avec le nouvel hôte parvient à s'y développer. L'histoire est jalonnée d'exemples : la peste, la maladie à virus Ebola, le SIDA ou encore la grippe aviaire.

À l'origine, un micro-organisme est particulièrement adapté à une ou plusieurs espèces. C'est le cas de bon nombre de coronavirus dont on sait qu'ils sont établis et circulent chez **les chauves-souris**. Passer d'un réservoir primaire à un nouvel hôte implique une combinaison d'évènements. Des sauts sporadiques peuvent avoir lieu : un virus passe accidentellement entre individus d'espèces différentes qui n'ont pas nécessairement de symptôme. Ces opportunités de transmission sont favorisées par **des changements climatiques ou des modifications d'écosystèmes**, comme la déforestation. Cela crée des contacts entre espèces qui ne se seraient pas produits sinon. De plus, les épidémies liées aux coronavirus mettent en évidence le rôle clé d'un autre animal faisant l'intermédiaire entre l'espèce réservoir et l'humain. Il s'agit souvent d'un animal dont la rencontre avec l'humain est plus fréquente, comme la civette lors de l'épidémie de SRAS en 2002 ou le dromadaire pour l'épidémie persistante de MERS.

Mais ces occasions de transmission ne suffisent pas à elles seules pour expliquer la rupture d'une barrière d'espèce. La compatibilité du virus avec le nouvel hôte est également déterminante dans sa capacité à l'infecter efficacement et à se transmettre ensuite d'individu à individu. Ces aptitudes peuvent s'acquérir de manière aléatoire à mesure que des changements, des mutations, dans le matériel génétique du virus apparaissent. **Les coronavirus sont particulièrement prompts à muter**. Couplés aux changements démographiques et aux mouvements de population, ces mécanismes participent du déclenchement ponctuel d'épidémies, voire de pandémies comme nous le voyons aujourd'hui avec le Covid-19.

J. Quels traitements contre la maladie Covid-19 ?

À ce jour, il n'y a pas encore de traitement contre le Covid-19. Le protocole médical de prise en charge des patients atteints vise à **atténuer les symptômes** en diminuant la fièvre ou en utilisant des appareils d'assistance respiratoire. Cette approche est très utile, car elle permet de soulager les symptômes du patient tout en **donnant le temps à son système immunitaire de le guérir** (voir question K).

Cependant, les scientifiques travaillent aujourd'hui sur plusieurs pistes de recherche pour trouver un traitement ciblant directement le virus. Parmi ces pistes, on retrouve l'utilisation de médicaments **antiviraux** qui bloquent la réplication du virus. Pour se répliquer, les virus suivent un cycle qui est propre à chacun. Dans le cas des coronavirus, famille à laquelle appartient le SARS-CoV-2, les spicules à leur surface vont reconnaître les récepteurs à la surface des cellules pulmonaires (voir question H) et s'y fixer : **c'est l'attachement**. La membrane de la cellule laisse alors entrer le matériel génétique du virus, permettant à celui-ci de prendre le contrôle de la cellule. On parle de détournement. Ce patrimoine génétique contient toutes les informations pour **répliquer** le virus, et les cellules ont tout le matériel nécessaire pour interpréter ce mode d'emploi. Au lieu de fabriquer des éléments pour elle, les acteurs de la cellule sont détournés pour produire de nouveaux virus qui sortiront de la cellule (**exocytose**) et iront en détourner d'autres. Toutes ces étapes constituent le cycle viral. Bloquer l'une d'entre elles pourrait permettre de limiter voire d'empêcher la multiplication et la transmission du virus. C'est le rôle des antiviraux. Pour l'instant, il n'en existe pas contre les coronavirus.

Dans le cas de l'épidémie actuelle, les chercheurs du monde entier ont amorcé des essais cliniques, comme le réseau français REACTing à l'échelle française et européenne. La stratégie consiste à **réutiliser des médicaments déjà existants** pour d'autres pathologies. On parle de repositionnement. Pour le SARS-CoV-2, plusieurs pistes de repositionnement sont testées. Avec notamment l'utilisation d'antiviraux initialement développés pour Ebola, le virus de la grippe ou encore le VIH. D'autres types de médicaments repositionnés sont également à l'étude, comme un antipaludéen appelé hydroxychloroquine qui, après des premiers résultats sur 24 patients, est aujourd'hui testé sur de plus grandes cohortes.

K. Comment peut-on guérir sans traitement ?

Sans traitement, une majorité des malades du Covid-19 parvient tout de même à guérir. Comment font-ils ? Quand nous tombons malades et que nous guérissons « naturellement », c'est-à-dire sans traitement spécifique, c'est parce que notre organisme possède un ensemble de mécanismes permettant de lutter contre l'infection : la réponse immunitaire. Elle se déroule en deux temps ; d'abord se déclenche **l'immunité innée** puis vient **l'immunité acquise**. La première est immédiate, la seconde particulièrement efficace.

Dès qu'un microbe étranger pénètre dans l'organisme, les cellules de l'immunité innée, présentes comme des sentinelles, détectent l'intrus en repérant des éléments de son matériel génétique ou bien des molécules présentes à sa surface. Elles secrètent des substances chimiques qui alertent de nouvelles cellules de l'immunité afin qu'elles viennent en renfort, et attirent des cellules de l'inflammation qui vont aider leur passage et déclencher un **processus d'ingestion et de digestion du microbe**, processus qu'on appelle la phagocytose.

Si le microbe est déjà connu de l'organisme et qu'il est encore « en mémoire », l'immunité acquise se déclenche également très vite et agit de façon très efficace contre le microbe. Ce n'est malheureusement pas le cas à l'égard du SARS-CoV-2, qui est nouveau pour nous tous. L'immunité acquise est, dans ce cas, plus lente à s'amorcer. Des morceaux de microbe issus de la phagocytose permettent de déclencher une sélection des globules blancs les mieux adaptés pour lutter contre le microbe. Ils se multiplient et certains produisent en grande quantité **des anticorps spécifiques** contre le microbe, capables de le neutraliser. Certaines cellules intervenues dans ce processus persistent longtemps après l'élimination du microbe et permettent d'en garder la mémoire.

Pour le Covid-19, il a été démontré que les patients qui guérissent ont produit des anticorps dirigés contre le virus dans leur sang. La durée pendant laquelle notre corps peut continuer de les produire n'est cependant pas encore connue. Mais les scientifiques travaillent activement à **l'élaboration d'un vaccin qui procurera une immunité acquise** pour une durée qu'on espère la plus longue possible. D'autres chercheurs proposent également de développer une sérothérapie dirigée contre le SARS-CoV-2, consistant à **recupérer des anticorps dans le sang de patients guéris** pour les injecter chez les patients aux symptômes graves afin d'aider leur immunité à lutter efficacement contre le virus.

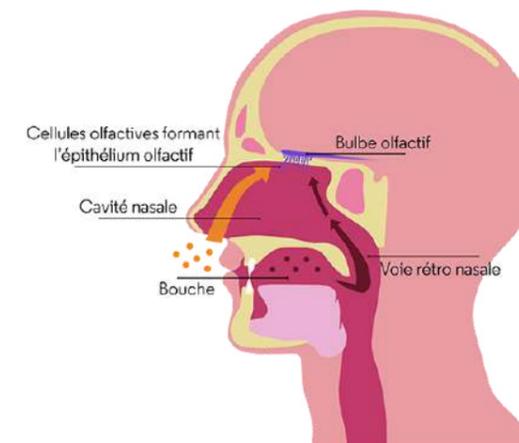
L. Le SARS-CoV-2 fait-il perdre l'odorat ?

De nombreux témoignages, dans différents pays, font état d'une perte d'odorat, accompagnée ou non d'une altération du sens du goût, chez des patients atteints de Covid-19. La proportion des personnes touchées semble même assez élevée. C'est pourquoi certaines associations de médecins spécialisés dans les atteintes oto-rhino-laryngées (ORL) proposent d'utiliser ces symptômes pour **aider au diagnostic de Covid-19**.

La perte d'odorat et l'altération du goût suite à une infection sont des phénomènes bien connus dans différentes pathologies communes, comme le rhume ou la grippe saisonnière. Un cas a également été décrit chez un patient atteint lors de l'épidémie de SRAS en 2003. La plupart du temps, cette perte est transitoire et la récupération se fait dans des délais très variables, de quelques jours à plusieurs années selon les patients.

En fait, l'altération du goût, appelée **dysgueusie**, est une conséquence de la dégradation de **l'odorat**. En temps normal, nous percevons les odeurs quand des molécules odorantes entrent dans la cavité nasale et se lient aux **cellules olfactives**. Celles-ci tapissent le haut de cet espace, sur une surface grande comme un timbre-poste : **l'épithélium olfactif**. L'information parvient ensuite au bulbe olfactif par l'intermédiaire des **fibres nerveuses** puis est transmise au cerveau. Or les molécules odorantes peuvent tout aussi bien provenir de la bouche que de l'air ambiant inhalé par les narines (voir figure). En effet, dans le milieu chaud et humide de la bouche, les aliments mastiqués émettent de nombreuses molécules odorantes qui parviennent à la cavité nasale en empruntant une sorte de passage secret à l'arrière de la bouche : la voie rétro-nasale. L'odorat est tellement important quand on mange que, s'il cesse de fonctionner, la majeure partie de nos sensations disparaît et la saveur est à la fois moins intense et inhabituelle : on parle de dysgueusie. Il reste pourtant les perceptions de la texture, de la langue (sucré, salé, amer, acide, umami) et du nerf trijumeau (température, pimenté, piquant).

Les virus, comme celui de la grippe et vraisemblablement le SARS-CoV-2, provoquent une réaction inflammatoire qui dégrade les cellules olfactives ainsi que les fibres nerveuses qui y sont connectées. L'odorat s'en retrouve diminué ou transitoirement supprimé. Différents laboratoires ont communiqué sur la capacité théorique du virus SARS-CoV-2 à pénétrer dans les cellules du cerveau, mais à ce jour il n'a pas été démontré que c'était effectivement le cas chez les patients.



Olfaction directe et rétro-olfaction : deux trajets possibles pour les molécules odorantes.

©J. Mihoubi/Universcience



M. Hors de son hôte, comment éliminer le virus SARS-CoV-2 ?

Les virus présents sur une surface, comme une table, une poignée ou nos mains, conservent-ils la **capacité d'infecter des cellules** ? Pour limiter l'épidémie, cette question est un enjeu clé. Ainsi, des études comparent la stabilité du SARS-CoV-2 dans différents environnements. De premières données suggèrent qu'il faut attendre deux à quatre jours pour que tous les virus présents perdent totalement leur activité. Cela dépend des conditions de température, d'humidité et des matériaux. En conditions très contrôlées en laboratoire, on mesure le temps nécessaire pour que la moitié des virus se désagrègent, diminuant ainsi leur capacité à infecter un hôte. Cette durée est de trois heures environ sur du carton contre presque sept heures sur du plastique.

Ainsi, être en dehors d'un hôte rend le virus vulnérable. Et **les virus possédant une enveloppe**, comme c'est le cas du SARS-CoV-2, le sont encore plus. Cette enveloppe est constituée principalement de lipides et ressemble beaucoup à la membrane plasmique des cellules, et ce pour une raison simple : l'enveloppe du virus se forme à partir de la membrane cellulaire. En effet, le virus acquiert cette enveloppe en bourgeonnant à partir d'une cellule au moment d'en sortir et il la perd en fusionnant avec une autre cellule au moment d'y entrer. Si cette enveloppe lui est donc indispensable pour infecter une cellule et participe ainsi de sa virulence, elle est aussi sa faiblesse quand il est hors de l'hôte. Aussi fragile qu'une membrane cellulaire, l'enveloppe va souffrir de la température, de la sécheresse et... **du savon**. Anodin à nos yeux, le savon est une arme d'autant plus intéressante que les mains sont une voie de transmission importante des virus respiratoires.

Le savon contient des molécules dites amphiphiles, avec une extrémité hydrophobe et une autre hydrophile. La première va s'accrocher aux molécules lipidiques de l'enveloppe virale lors du savonnage. La deuxième sera entraînée par les molécules d'eau lors du rinçage. Cet écartèlement a raison de l'enveloppe du virus, qui se décompose sous l'action conjuguée du savon, du frottement des mains et de l'eau. Sans enveloppe, le virus ne peut plus infecter de cellules. **Laver les mains n'agit donc pas seulement pour éloigner le virus mais également pour l'inactiver**. Quant à l'alcool, son efficacité a été démontrée sur les virus de type coronavirus mais les mécanismes d'action en jeu ne sont pas précisément décrits. Son efficacité est cependant diminuée **sur des mains salies** par des matières grasses, alors que le savon reste efficace.

