

nombreuses avancées, en particulier en optique physique. Par exemple, un laser multimode, qui comporte de nombreuses fréquences différentes, peut être transformé en un laser monomode grâce à la symétrie parité-temps.



La proposition des trois chercheurs simplifie grandement la conception des chargeurs sans fil



Sid Assawaworrarit et ses collègues ont pu exploiter cette idée en remarquant que tout appareil électrique (nommé charge) qui tire de l'électricité de la bobine réceptrice peut être considéré comme un canal de dissipation, tandis qu'un amplificateur connecté à la bobine émettrice peut être considéré comme un canal de gain (voir l'encadré page précédente, b).

UNE EFFICACITÉ DU TRANSFERT D'ÉNERGIE INDÉPENDANTE DE LA DISTANCE

Dès lors, si les inductances résonantes sont identiques, et si l'augmentation de l'énergie électromagnétique fournie par l'amplificateur dépasse une valeur donnée qui dépend de la charge, le système entier devient symétrique en parité-temps. Un tel système sélectionne automatiquement la fréquence de fonctionnement qui correspond à l'efficacité maximale du transfert d'énergie, indépendamment de la distance qui sépare les bobines. Il en résulte un transfert d'énergie qui ne nécessite ni bobines statiques, ni source d'ondes radio, ni circuit d'ajustement.

Après avoir validé leur stratégie grâce à des simulations, Sid Assawaworrarit et ses collègues en ont fait la démonstration expérimentale. Ils connectent une inductance résonante à un amplificateur et une inductance identique à une résistance, qui fait office de charge. Ils observent un transfert d'énergie sans fil avec un rendement de 100 %,

indépendamment de la distance entre les inductances, jusqu'à 70 centimètres environ. Plus spectaculaire encore, ils montrent que lorsqu'on remplace la résistance par une diode électroluminescente, la luminosité de la diode est indépendante de la distance de séparation. Les trois chercheurs ont utilisé des simulations numériques pour montrer que leur système ajuste automatiquement sa fréquence de fonctionnement en quelques dizaines de microsecondes.

Les résultats de Sid Assawaworrarit et ses collègues sont impressionnants à plus d'un titre. Tout d'abord, ils sont une preuve supplémentaire que des concepts fondamentaux de la physique quantique (une discipline scientifique assez absconse pour le non-spécialiste) peuvent déboucher sur des applications pratiques. Ensuite, la proposition des trois chercheurs simplifie grandement la conception des chargeurs sans fil, en remplaçant une source d'ondes radio finement ajustée par un amplificateur. Enfin, et surtout, ces travaux ouvrent la voie à un transfert d'énergie sans fil robuste et dynamique. C'est une idée extrêmement séduisante, qu'il s'agisse de charger des implants médicaux ou d'alimenter des véhicules électriques en mouvement.

Cependant, pour que ces applications se concrétisent, il faudra poursuivre les efforts de recherche. Par exemple, bien que Sid Assawaworrarit et ses collègues démontrent que l'efficacité du transfert d'énergie entre les bobines s'élève à 100 %, ce n'est pas le cas du transfert entre le bloc d'alimentation et la charge. Pour y remédier, il faudra un amplificateur hautement optimisé dont le coût pourrait se révéler déraisonnablement élevé.

Qui plus est, les trois chercheurs montrent que l'efficacité du transfert n'est pas dégradée si on déplace la bobine de réception le long de l'axe reliant les bobines émettrice et réceptrice. Mais dans les applications pratiques, la bobine réceptrice se déplacera probablement perpendiculairement à cet axe: par exemple, dans le cas d'un véhicule électrique, la bobine émettrice se trouverait dans le sol et la bobine réceptrice se situerait dans le dessous du véhicule, parallèle au sol. Cela affectera-t-il la symétrie parité-temps de ce système et son comportement?

De plus, si la bobine réceptrice se déplace à relativement grande vitesse par rapport à la bobine émettrice immobile, la quantité d'énergie transférée sera-t-elle suffisante pour que la technologie soit utile? Il est nécessaire de répondre à ces questions avant que ce concept élégant ne puisse trouver des applications dans des situations réelles. Toutefois, il jette d'ores et déjà un pont fascinant entre le monde de la physique quantique et celui de l'ingénierie. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Assawaworrarit et al., **Robust wireless power transfer using a nonlinear parity-time-symmetric circuit**, *Nature*, vol. 546, pp. 387-390, 2017.

J. Schindler et al., **PT-symmetric electronics**, *Journal of Physics A*, vol. 45, article 444029, 2012.

A. Kurs et al., **Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances**, *Science*, vol. 317, pp. 83-87, 2007.

L'ESSENTIEL

> Dans les Andes, au ^{xv}^e siècle, la coca était devenue un intermédiaire clé de l'économie de troc.

> Produite dans certaines vallées, elle était acheminée dans les mines et les champs, où, par ses propriétés médicinales, elle aidait les travailleurs à supporter leur labeur.

> Dès les débuts de la conquête du Pérou, en 1532, les Espagnols se ruèrent sur les champs de coca.

> Ils détournèrent ainsi l'économie locale à leur profit, exploitant les Indiens dans les mines et les champs en échange de la précieuse coca.

L'AUTEUR

SAMIR BOUMEDIENE
chargé de recherche au CNRS
au sein de l'Institut d'histoire
des représentations et
des idées dans les modernités,
à l'École normale supérieure
de Lyon

La coca arme des conquistadors

POUR LES ESPAGNOLS DU ^{xvi}^e SIÈCLE, L'EMPIRE INCA EST BIEN L'ELDORADO : UNE SOURCE QUASI INÉPUISABLE D'OR ET D'ARGENT. MAIS ON OUBLIE SOUVENT UN ACTEUR MAJEUR DE CE PILLAGE : LA COCA. CETTE PLANTE PERMET AUX CONQUÉRANTS D'ENVOYER LES INDIENS AU FOND DES MINES. ET DE FINIR DE DÉSTRUCTURER LA SOCIÉTÉ ANDINE.

Dans la seconde moitié du ^{xvi}^e siècle, l'or et surtout l'argent extraits des mines de Potosí, dans l'actuelle Bolivie, inondent le Vieux Continent. L'effet de cet afflux de métaux précieux sur l'économie européenne a fait l'objet de nombreuses études, décrivant l'inflation monétaire qui l'a suivi ou le basculement des capitaux de la péninsule Ibérique vers le nord du continent. À la suite d'innombrables circulations, le métal extrait par les mineurs des Andes se répand en effet dans de nombreuses régions, où il est converti sous de multiples formes : dans les pierres qui servent à construire les édifices baroques ou dans les guerres que se mènent les souverains.

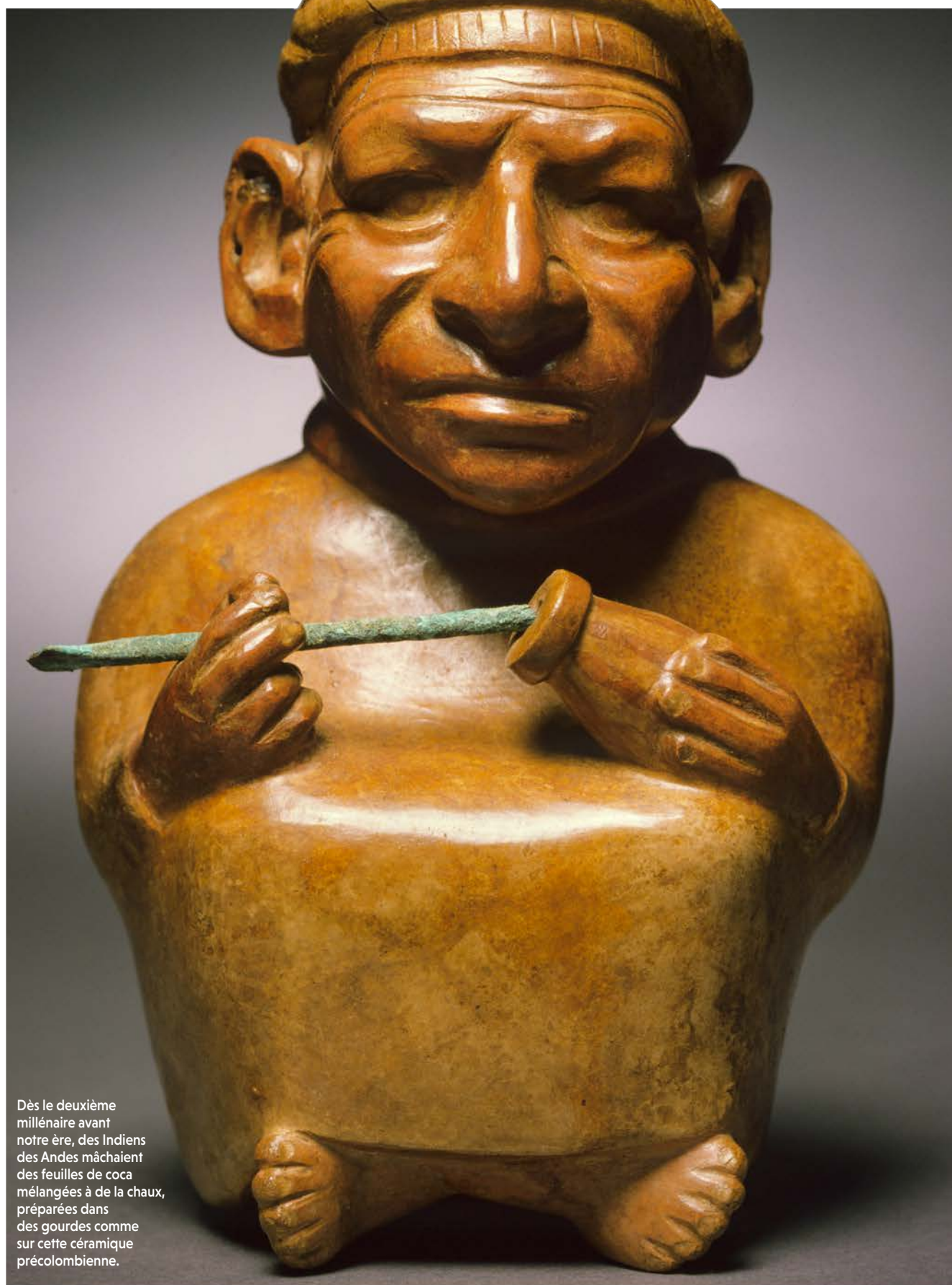
L'invasion du métal bolivien en Europe constituerait ainsi un exemple précoce de la «mondialisation» : intégration des économies, effets-retours spectaculaires, interdépendance croissante des sphères de production et de consommation. Mais à un bout comme à l'autre

de la chaîne, ce récit ne dit pas tout. D'une part, il exagère peut-être l'importance de ces métaux dans l'économie européenne et néglige en partie leur rôle en Asie. Surtout, il laisse de côté ce qui rend en grande partie possible cet afflux de capitaux : la mobilisation du travail des mineurs et, avec elle, tout un ensemble de circulations dont les logiques contredisent le récit sans doute trop unificateur de la mondialisation. Pour appréhender la complexité de la situation, il faut s'intéresser au destin d'une plante, la coca.

L'EMPIRE DE LA COCA

La coca est la feuille d'un arbuste originaire de l'Amazonie, répandu au fil des siècles de part et d'autre de la cordillère des Andes. L'avènement de l'Empire inca, le *Tawantinsuyu*, au ^{xv}^e siècle, a joué un rôle fondamental dans cette extension.

Du nord de l'actuel Équateur au nord de l'actuel Chili, le *Tawantinsuyu* s'étend sur trois étages écologiques : la côte Pacifique, les vallées humides et les montagnes. L'unité de base de cette organisation politique est l'*ayllu*, une communauté réunie autour d'un ancêtre commun et >



Dès le deuxième millénaire avant notre ère, des Indiens des Andes mâchaient des feuilles de coca mélangées à de la chaux, préparées dans des gourdes comme sur cette céramique précolombienne.

> dirigée en général par un ou une chef (*curaca*). Afin d'assurer leur autosuffisance, les *ayllus* se déploient en sortes d'archipels verticaux sur plusieurs étages écologiques. La chefferie redistribue la production de chaque étage ce qui permet d'avoir, partout, accès aux patates ou au quinoa des montagnes, à la coca ou au coton des vallées, ainsi qu'aux ressources halieutiques de la côte.

Suivant le prestige de leur *curaca*, les *ayllus* sont incorporés au *Tawantinsuyu* dans un réseau de sujétions emboîtées. Maître des armées, l'Inca protège les chefferies en échange d'un tribut qu'il prélève sous forme de travail. Chaque *ayllu* est tenu d'exploiter une terre appartenant à l'Inca et une terre appartenant aux dieux. De plus, tout homme âgé entre quinze et cinquante ans doit effectuer un travail hors de sa communauté, dans le cadre d'un système de rotation appelé *mit'a*.

L'organisation de l'Empire inca repose donc sur un réseau de distribution vertical, matérialisé par des routes de pierre et des auberges-entrepôts. Ce réseau renforce la complémentarité entre étages en même temps qu'il limite la communication horizontale entre chefferies, afin de réduire les possibilités de sécession. Ce modèle, cependant, est plus visible dans les Andes centrales et méridionales que dans le Nord, où les *ayllus* sont davantage liés par des échanges horizontaux.

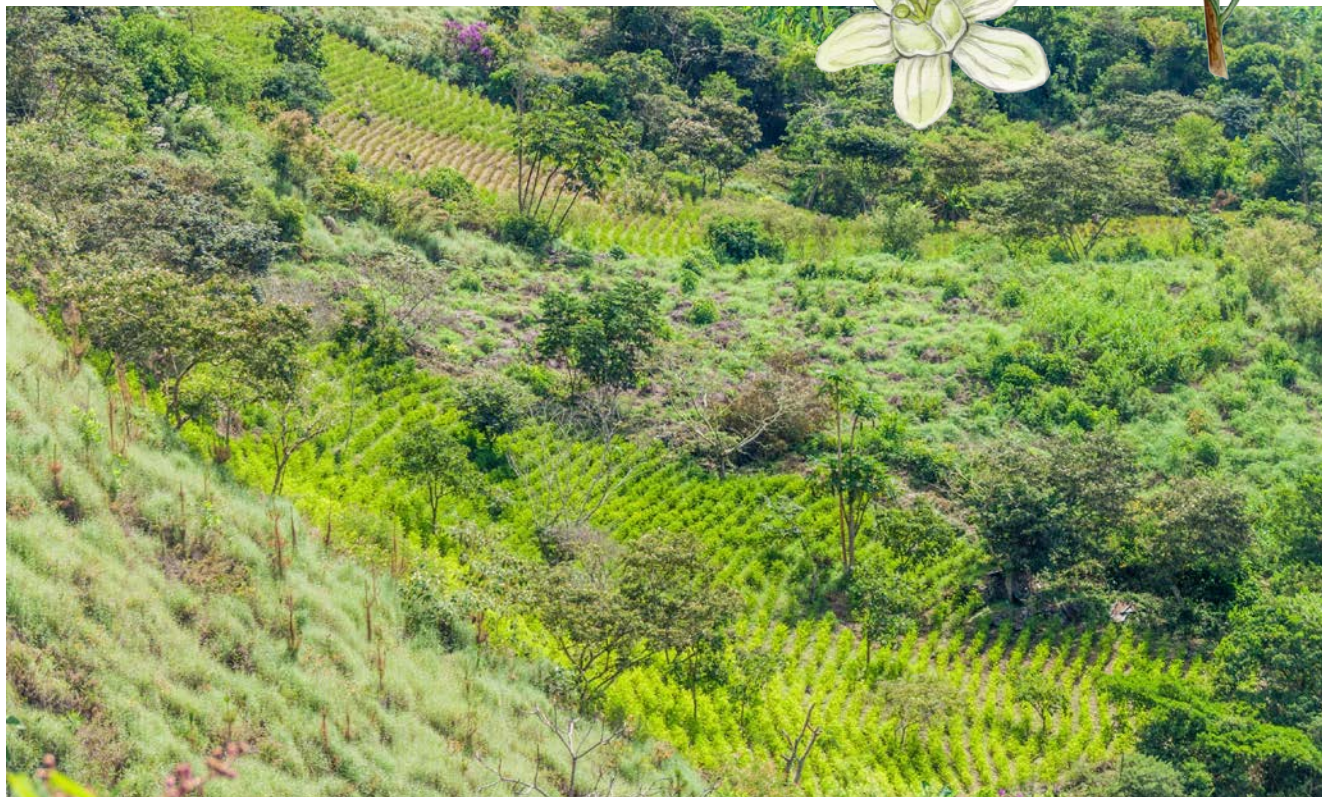
La coca est un élément essentiel de cette organisation. Elle est cultivée dans les vallées

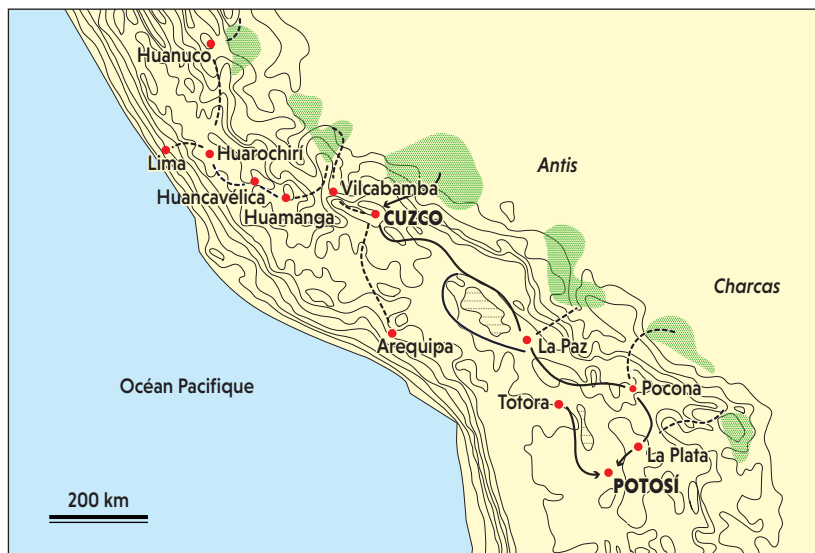
chaudes et humides, notamment celles du piedmont oriental des Andes, les *yungas*. Des différents sites de production, le plus important se situe dans la terre des Antis, à 160 kilomètres au nord-est de Cuzco, la capitale de l'empire. Les Antis, des communautés que les Incas considèrent comme des peuples de sauvages («chunchos»), ont donné leur nom à la région, Antis, par la suite devenue les Andes. C'est là qu'est produite la feuille sacrée et protégée par l'Inca, la *mama cuca*.

Mais dans les Antis, le *Tawantinsuyu* affronte deux difficultés: l'hostilité des «chunchos» et une maladie appelée le mal des Andes, une forme ravageuse de leishmaniose très répandue dans les vallées où l'on cultive la coca. Contrairement aux habitants des montagnes, les «chunchos» ont développé une résistance à cette maladie; ce sont eux qui cultivent la coca et la vendent au *Tawantinsuyu* aux premiers temps de son histoire. Mais au ^{xv} siècle, l'Inca Pachacuti décide de se passer de cet intermédiaire. Il installe dans les vallées des cultivateurs ayant développé une résistance à la leishmaniose et y envoie des Indiens mobilisés dans le cadre de la *mit'a* ainsi que d'autres saisonniers, le recours à ce travail temporaire étant un moyen de limiter l'exposition à la maladie.

LA COCA

Connue aujourd'hui sous le nom *Erythroxylum coca*, la coca pousse naturellement dans la cordillère des Andes, où elle est aussi cultivée depuis longtemps (ci-dessous, un champ de coca dans la région des Yungas, en Bolivie) pour ses feuilles, aux vertus médicinales. La cocaïne est extraite de ces dernières.





Chemins du transport de marchandises

Circuit de la coca entre Cuzco et Potosí

Principales vallées à coca (yungas)

Entre les Antis et Cuzco, des cités, des routes et des entrepôts sont installés pour faciliter l'acheminement de la coca. Les paniers sont transportés à dos d'homme par des personnes qui, tout au long de leur parcours, échangent la feuille contre des vivres. La coca institue ainsi une médiation dans l'économie de troc. Elle n'est cependant pas une monnaie dans la mesure où elle ne fait pas l'objet d'une thésaurisation. Échangée contre du maïs, de la pomme de terre, du quinoa, du piment ou des cochons d'Inde, elle constitue la variable nécessaire à l'activité agricole.

UN ANTIDOULEUR SACRÉ

Ce rôle attribué à la coca est lié à sa valeur rituelle. Des paysans se défont d'une partie de leur production pour obtenir des feuilles afin de les troquer de nouveau, mais aussi dans le but de les mâcher. Cette pratique permet de lutter contre la douleur qu'entraîne la dureté des travaux et des voyages, elle atténue les maux de dents et d'estomac, elle accroît la résistance face à l'altitude, la fatigue, la soif et la faim. La mastication de la coca peut aussi procurer des visions, à travers lesquelles les guérisseurs diagnostiquent les maladies ou prennent parole avec diverses entités : Inti, le Soleil, Pachamama, la Terre ou encore les *supay*, des esprits souterrains mi-bénéfiques mi-maléfiques.

Cette communication avec les entités invisibles a ses lieux et ses objets privilégiés, les *huacas*, terme qui désigne toute chose sacrée (une rivière, un lieu perché de la montagne, un instrument, etc.). La vénération de ces *huacas* implique souvent des offrandes dans lesquelles la coca joue également un rôle de premier plan. Aux côtés du cochon d'Inde ou du maïs, la feuille est ainsi brûlée pour nourrir les esprits

célestes ou enfouie sous terre pour être donnée aux *supay* ou à la Pachamama.

La plante aide les paysans non seulement à supporter la dureté de leur labeur, mais aussi à affronter les énergies souterraines lorsqu'il faut creuser des sillons pour semer des graines. Ses usages religieux et médicinal se nouent donc autour d'une signification essentielle : la coca constitue un médiateur entre les Indiens et la terre. Or parmi les activités qui obligent les travailleurs à se confronter aux énergies souterraines, l'une acquiert un rôle crucial après l'arrivée des Espagnols : l'extraction minière.

L'ARGENT DE LA COCA

Dès les débuts de la conquête du Pérou en 1532, les Espagnols se ruent vers les vallées à coca. Devenir propriétaires des champs de coca peut leur permettre, en effet, de mettre la main sur tout ce que s'échangent les Indiens, mais aussi de les faire travailler. Au cours des années 1540, ils envoient ainsi de nombreux indigènes travailler sur les nouveaux champs de coca qu'ils installent dans les Antis. La fortune de ces planteurs espagnols, pour la plupart établis à Cuzco, explose avec l'ouverture des mines de Potosí en 1548.

Pour accroître l'exploitation du gisement, les Espagnols adoptent le système inca de la *mit'a*. Les jeunes Indiens sont désormais soumis à une période de travail obligatoire dans les mines. Déplacés massivement à Potosí, dans les hauteurs de l'Altiplano et dans l'obscurité des galeries, ils trouvent dans la coca le meilleur secours à leur peine.

La précieuse feuille leur est apportée de Cuzco et dans une moindre mesure de La Paz. Sur les 1000 kilomètres qui séparent les Antis de Potosí, la circulation des paniers de coca est assurée à dos d'homme ou sur des mules par des colporteurs. Le long de leur route, ils troquent une partie de leur coca contre le bétail dont ils ont besoin pour transporter les paniers. Mais à Potosí, cette coca arrive sous la forme >

Échangée contre du maïs ou des cochons d'Inde, la coca constituait un pivot de l'économie de troc

> d'une marchandise qui s'achète: c'est avec de l'argent que les mineurs s'en procurent et cet argent est ensuite récupéré par les planteurs espagnols. Dans leur sillage, de nombreuses personnes s'enrichissent: les femmes indiennes que ces derniers épousent, mais aussi les Espagnols qui envahissent la sphère d'intermédiation de ce marché. De l'autre côté de l'Atlantique, c'est donc le commerce de la coca qui, indirectement, alimente les caisses du Trésor royal ainsi que l'Europe entière, submergée par les métaux de Potosí.

En s'accaparant les champs de coca, les Espagnols ont ainsi tout transformé. Ils ont réorienté la circulation des richesses vers la péninsule Ibérique et réorganisé le mouvement des personnes à l'intérieur du domaine andin. L'irruption et l'extension de la valeur d'échange ont conduit les Indiens à progressivement abandonner la solidarité communautaire fondée sur le troc pour devenir dépendants du marché colonial. Dans le rapport au temps et à l'espace, dans le rapport au corps aussi, cette dépendance a transformé la mastication ritualisée de la feuille en une consommation conditionnée par les impératifs du travail. La logique du salariat s'est ainsi perfusée dans l'organisme même des mineurs: sous la dépendance de la feuille, ils travaillent pour consommer la marchandise et consomment la marchandise pour travailler.

LE DILEMME DES ESPAGNOLS

Mais cette coca qui est mâchée par les mineurs est cultivée par d'autres travailleurs. Les souffrances qu'elle permet d'endurer à Potosí ont pour prix d'autres douleurs dans les Antis. C'est pourquoi la plante soulève un profond débat au milieu du xvi^e siècle. La monarchie a besoin de l'argent extrait des mines pour financer ses guerres et il lui paraît inenvisageable de faire travailler des esclaves à l'altitude de Potosí. Il lui faut donc mettre en balance la rente minière avec la vie des mineurs et des cultivateurs de coca, sans oublier la lutte contre l'idolâtrie.

Grossièrement, ce débat oppose deux camps. D'un côté, les prohibitionnistes, notamment des religieux et des juristes. De l'autre, les défenseurs de la coca, essentiellement des planteurs, mais aussi des officiers, voire des religieux.

En ce temps de crise démographique et de réforme catholique, l'argumentaire des prohibitionnistes se développe logiquement autour de deux idées fortes. La première est que la coca tue les Indiens: ceux qui la cultivent dans les vallées insalubres et ceux qui dans les mines se gâtent la santé en la mâchant. La seconde idée est que la feuille nourrit l'idolâtrie indigène, dont l'éradication est un aspect essentiel de la mission évangélisatrice des conquérants.



Pour les prohibitionnistes, les principaux responsables de cette situation sont les Espagnols, qui surexploitent les Indiens au mépris de leur santé et de leur conversion.

De leur côté, les défenseurs de la coca reconnaissent que sa production dans les Antis accroît la mortalité indigène. Mais c'est pour eux un mal nécessaire. D'une part, la mastication de la feuille n'a pas, d'après eux, les effets nocifs décrits par les prohibitionnistes. D'autre part, l'éradication des croyances préhispaniques leur paraît trop difficile pour être réglée par la seule interdiction de la coca. Avec ou sans la feuille, l'idolâtrie se maintiendra. Mais si la feuille venait à être interdite, les grands perdants seraient les Espagnols, car alors, c'est de l'argent que les Indiens offriraient à leurs *huacas*.

Très prisées des Indiens pour leurs effets contre la douleur, la fatigue et la faim, les feuilles de coca étaient aussi utilisées par les guérisseurs (ici un « sorcier des songes », un « sorcier du feu » et un « sorcier qui suce ») à qui ils procuraient des visions les aidant à diagnostiquer une maladie ou à entrer en communication avec les esprits.



Un échange de coca, représenté au début du XVII^e siècle par le chroniqueur indigène Felipe Guamán Poma de Ayala.

Sans coca, pas d'exploitation minière et sans exploitation minière, «pas de Pérou». La hiérarchie entre le métal et la feuille reflète celle qui existe entre les conquérants et les vaincus, mais aussi celle qui s'établit entre les impératifs de l'économie et ceux de la conversion. Or cette échelle des valeurs est partagée par certains religieux. En catimini, l'évêché de Cuzco a en effet prélevé une dîme sur la coca qui fut la base de sa fortune au XVI^e siècle.

DES LOIS AMBIGÜES

Dans les Andes, l'éradication de l'idolâtrie a donc été sacrifiée sur l'autel des rentes : l'économie a dicté sa loi, en infléchissant celle des vice-rois. Des premières mesures prises par le vice-roi Cañete aux cinquante ordonnances promulguées par le vice-roi Toledo en 1572, la

législation sur la coca a évolué entre fermeté et conciliation à l'égard des planteurs. Mais ces derniers n'ont jamais été réellement inquiétés par les dispositions prises, qui visaient à limiter plutôt qu'interdire l'exploitation de la coca. Le but de cette politique était, d'une certaine façon, de restreindre l'usage de la coca aux seuls centres miniers et, même, aux seuls mineurs. Dit autrement, la mise sous contrôle de la coca n'a fait que renforcer son articulation à l'économie minière. Avant les Indiens, c'est en effet la production d'argent qui est protégée par ces lois.

En suivant la voie de l'endiguement plutôt que celle de l'interdiction généralisée de la coca, les autorités espagnoles ont donc tenté de résoudre la contradiction entre deux objectifs différents : exploitation des mines d'un côté, lutte contre l'idolâtrie de l'autre.

Les effets de cette politique sont complexes à saisir, parce qu'ils impliquent d'autres paramètres, en particulier l'arrivée progressive, à partir de la fin du XVI^e siècle, de nouveaux mineurs (par exemple des esclaves venus d'Afrique) et de nouveaux produits de consommation (vin, bière de maïs, eaux-de-vie, etc.). Il est néanmoins possible de formuler l'affirmation suivante : là où les deux objectifs ont coïncidé – exploitation des mines et lutte contre les croyances locales –, le contrôle sur la coca a été d'une grande efficacité ; là où en revanche, la contradiction entre intérêt économique et christianisation a été forte, le contrôle sur la coca a eu des effets plus contrastés.

LE PARADOXE DE QUITO

Le premier cas de figure est parfaitement illustré par l'histoire de la coca dans la région de Quito. Là, l'activité minière est dominée par certains gisements d'or, comme celui de Zaruma, tandis que l'activité agricole repose, avant même la conquête espagnole, sur des formes d'échange moins communautaires que dans le reste du *Tawantinsuyu*. Quoi qu'il en soit, la coca y joue également un rôle central. Pourtant, elle disparaît presque entièrement de cette région au tournant des XVII^e et XVIII^e siècles.

La première raison de cette disparition est d'ordre démographique. Dans cette partie des Andes, la mortalité indigène, encore accentuée par la fuite des Indiens dépossédés, a été compensée au XVII^e siècle par l'installation d'esclaves, aussi bien sur les terres agricoles que dans les mines, dont l'altitude est inférieure à celle de Potosí. Les grands propriétaires terriens de la région, notamment les jésuites, décident alors de raser les arbustes à coca, puisque les Indiens qui la consommaient ont bien souvent disparu, et que les esclaves qui les ont remplacés apprécient d'autres substances, comme le vin ou les eaux-de-vie, dont la distillation permet aux Espagnols d'écouler ➤

> leurs surplus. Autrement dit, les nécessités de l'économie ne justifient pas, dans cette région, le maintien de la coca. Si la feuille y subsiste en quelques endroits, les autorités religieuses entérinent son éradication à la fin du ^{xvii}^e siècle. Dans cette région, en effet, la mastication de la feuille a atteint les Espagnols, et même les prêtres, tous menacés d'excommunication par les évêques de Quito. Par cette coïncidence entre les intérêts économiques et les objectifs de l'encadrement religieux, la lutte contre la feuille opère sur deux fronts: les vallées et les centres urbains. Elle attaque conjointement la production et la consommation de la plante, qui finit par disparaître de l'actuel Équateur.

Cette situation est cependant exceptionnelle. En dépit de leur violence, les campagnes d'extirpation menées au ^{xvii}^e siècle dans le vice-royaume du Pérou ne parviennent jamais à réaliser le vœu du jésuite Pablo de Arriaga d'éradiquer les offrandes de coca. Car il faudrait, comme en Équateur, remplacer une structure agraire par une autre, un type de population par un autre, et ainsi briser tout le commerce qui met en rapport les vallées à coca aux centres de consommation.

TRAFIC DE COCA DANS LES BAS-FONDS DE LIMA

L'exemple de Lima le montre parfaitement. La feuille est consommée non seulement dans les quartiers majoritairement indigènes du Cercado ou du Surco, mais aussi dans le reste de la ville, où elle est manipulée par des « sorciers » et surtout des « sorcières » de toutes les castes. Selon les inquisiteurs, les femmes qui mâchent la plante font preuve d'incivilités, « cessent de prier, de se confier à Dieu, de dire bonjour ou bonsoir ».

Les religieux suspectent également la feuille de répandre toutes sortes de turpitudes et de superstitions dans la capitale vice-royale: ébriété, fornication, inceste, adultère, bestialité, sacrifices, idolâtrie et offrandes. Quant à la commercialisation de la feuille, elle est tout aussi subversive aux yeux des autorités. Des « Métisses », des « Mulâtresses » ou des Indiennes la diffusent incognito, ce qui oblige les « extirpateurs de l'idolâtrie » à « savoir où elles cachent malicieusement [la coca] hors de leurs maisons » (*voir l'encadré ci-contre*).

Or identifier les revendeurs et les vendeuses de Lima ne suffit pas. Tout un réseau invisible œuvre à l'importation de la coca, qui est cultivée à des centaines de kilomètres. Une série de perquisitions menée en 1668-1669 révèle que la feuille est apportée par des colporteurs qui font des allers-retours entre la ville et des localités situées à plus de 3000 mètres d'altitude, à proximité de Potosí.

SOUS LE JOUG DES EXTIRPATEURS DE L'IDOLÂTRIE

Lima, 14 mai 1669.
À 8 heures du soir, Juan Sarmiento de Vivero, chargé par les autorités religieuses espagnoles de combattre l'idolâtrie, effectue en compagnie de notaires et de l'inspecteur Joseph de Torres une descente dans la maison d'une Métisse dénommée Ana María de Ribera. Connue dans son quartier pour vendre de la coca, Ana María de Ribera a échappé plusieurs fois à la vigilance de ceux que l'on appelle les extirpateurs de l'idolâtrie.

En ce soir de mai, ces derniers attendent devant la maison que la porte s'ouvre. Une jeune femme finit par sortir. Elle est interpellée. Les extirpateurs trouvent sur elle de la coca et décident de procéder à une perquisition. Ils entrent dans la demeure où, en dépit des protestations d'Ana María de Ribera, ils effectuent des fouilles une fois de plus infructueuses. Mais Joseph de Torres, qui se débat avec la Métisse, croit reconnaître l'odeur de la coca. Un seul

endroit n'a pas été inspecté ; les hommes de foi n'hésitent plus. Ils soulèvent la jupe de la jeune femme, sous laquelle ils trouvent un paquet de coca.

Ses aveux permettent de reconstituer un réseau bien implanté. Avec la complicité d'une « Quarteronne de mulâtre », la Métisse vend de la coca dans son quartier depuis maintenant cinq ans. Elle s'en tire avec une interdiction de poursuivre ce commerce, assortie d'une peine de deux cents coups de fouet et deux ans de bannissement en cas de récidive.

Mais le 5 septembre au soir, les extirpateurs, alertés par des rumeurs, font une autre descente. Ils envoient l'un des leurs acheter de la coca à Ana María de Ribera, qui ne tombe pas dans le piège. Ils pénètrent malgré tout le domicile et trouvent un petit sac de coca dans un recoin de la chambre. La Métisse est une nouvelle fois humiliée, traînée dans la rue sous les huées de ses voisins. Elle reçoit cent coups de fouet, défile sur un âne le torse nu et doit s'exiler pendant deux ans à plus de trente lieues de son quartier.

À la fin des années 1660, d'autres femmes connaissent un sort semblable. Sous l'impulsion de Juan Sarmiento, de nombreuses descentes sont menées pour mettre un terme à la vente de coca dans les quartiers de Lima. Pourtant, à 1500 kilomètres de là, dans les mines de Potosí, la consommation de la feuille est permise, voire incitée par les autorités...

S. B.

La politique visant à restreindre l'usage de la coca aux centres miniers de l'Altiplano a donc eu un effet très limité. Non seulement la feuille a continué de circuler dans la zone de Potosí et le long de toutes les routes qui y mènent, mais elle s'est aussi diffusée bien au-delà du monde des mines et des vallées à coca, jusque dans les grands centres urbains comme Lima. Par ce même mouvement, la consommation de la feuille s'est diffusée du monde indigène aux mondes non indigènes.

Cette politique de limitation a néanmoins eu un effet majeur. Si elle n'a pas empêché, partout, la transmission de la plante, elle a en revanche rendu impossible son passage en Europe. Entachée d'une forte suspicion, diabolisée même par certains Espagnols, la plante n'a fait l'objet d'une véritable commercialisation en Europe qu'à partir de la seconde moitié du ^{xviii}^e siècle.

Le destin de la coca illustre donc bien les problèmes complexes que posent les circulations de personnes, de matériaux et de savoirs. Le rôle que la feuille joue dans l'approvisionnement des mines est à la fois nécessaire à la mobilisation des travailleurs vers les centres de production et au déplacement des capitaux vers l'Europe. Mais la plante, elle, ne circule que dans le domaine andin. Si certains Espagnols se sont approprié les pratiques qui lui sont liées, ces dernières ne transforment pas la médecine européenne avant le XIX^e siècle – époque durant laquelle l'usage de la cocaïne a entraîné de profondes mutations.

UNE PLANTE MÉDICINALE CÉLÈBRE, MAIS INTROUVABLE SUR LE VIEUX CONTINENT

De nombreux savants d'Europe, néanmoins, ont connu la coca dès le XVI^e siècle. Le débat qui opposa les défenseurs de la coca aux prohibitionnistes fut parmi les plus importantes controverses liées au gouvernement de l'Amérique et a mobilisé l'attention des juristes, des courtisans et du roi Philippe II. Alors qu'elle n'a pas traversé l'Atlantique, la coca est peut-être la plante américaine sur laquelle la documentation est la plus riche pour le XVI^e siècle. Elle est,

d'une certaine manière, connue sans être connue. À Séville, le médecin Nicolás Monardes en parle dans son *Histoire médicinale des Indes occidentales*, et certains apothicaires semblent être parvenus à en récupérer des échantillons. Au milieu du XVIII^e siècle, l'une des grandes quêtes que poursuit Joseph de Jussieu lors de son voyage en Amérique est l'étude de la coca.

Si l'histoire de cette plante singulière rappelle que les personnes, les savoirs et les choses ne circulent pas de la même manière, elle invite aussi à comprendre politiquement les circulations, en mettant en avant le rôle des ruptures, des blocages, des barrières. Et, par là, à comprendre différemment ce que l'on nomme la mondialisation. Qu'on l'envisage sous son versant économique ou qu'on l'observe depuis une perspective plus large, celle-ci n'est pas que l'intensification des échanges. Elle repose, aussi, sur la mise en place volontaire de barrières. Ainsi que le suggère l'histoire de la coca, toute la question est de savoir comment s'articulent ces logiques; comment des circulations locales et des circulations transocéaniques se configurent; et comment, enfin, ces mises en mouvement peuvent, comme avec la coca dans les alentours de Quito, contribuer à la destruction d'un monde. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Boumediene, **La colonisation du savoir. Une histoire des plantes médicinales du « Nouveau Monde » (1492-1750)**, Les Éditions des mondes à faire, 2016.

R. Coronel-Feijóo, **El Valle sangriento 1580-1700 : de los señorios de la coca y el algodón a la hacienda cañera jesuita**, UASB, 2016.

J. V. Murra, **Formations économiques et politiques dans le monde andin**, Éditions de la MSH, 2013.

C. Salazar-Soler, **Anthropologie des mineurs des Andes. Dans les entrailles de la terre**, L'Harmattan, 2002.

M. Rostworowski De Diez Canseco, **Conflicts over Coca Fields in XVIth-Century Perú**, University of Michigan, 1988.



LES
{ Partagez les savoirs }
RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

Entrée gratuite

Au Jardin des Plantes

Détails sur mnhn.fr, rubrique : "les rendez-vous du Muséum"



BAR DES SCIENCES

Dimanche 15 octobre - 17h30
En quête des origines de la vie
 Avec J. Duprat, astrophysicien, CNRS – M.-Ch. Maurel, spécialiste de l'évolution moléculaire et des origines de la vie, Muséum – F. Raulin-Cerceau, astrophysicienne et exo/astrobiologiste, Centre Koyré – F. Robert, cosmochimiste, Muséum

Café-restaurant La Baleine
accès 47 rue Cuvier, Paris 5^e

FILMS

Samedi 14 octobre - 15h
Les gardiens du Mont de la Lune
 par S. Gadmer Tiên - France - 2016 - 87 min.

Dimanche 15 octobre - 15h
The great white silence
 par H. Ponting - 2011 - 108 min.

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution,
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e

CONFÉRENCES-DÉBATS

Cycle L'archéozoologie, ou l'histoire des relations naturelles et culturelles entre l'homme et l'animal
 Avec Ch. Lefèvre, professeur du Muséum

Judi 12 octobre - 18h : De l'anatomie comparée à l'anthropozoologie : évolution d'une discipline

Judi 26 octobre - 18h : Discours des os : méthodes et outils pour le décrypter

Cycle France-Colombie : une histoire humaine et naturelle en partage

Lundi 16 octobre - 18h : Émeraude colombienne d'hier et d'aujourd'hui - Avec G. Giuliani, directeur de recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), GET à Toulouse et CRPG à Vandœuvre-lès-Nancy

Lundi 23 octobre - 18h : Planchon et Triana : une collaboration scientifique à l'origine de la première Flore de Colombie - Avec M. Jeanson, responsable de l'Herbier National, Muséum

Lundi 30 octobre - 18h
La forêt vierge d'Amazonie n'existe pas ! 10 000 ans de présence humaine
 Avec S. Rostain, archéologue et directeur de recherche au CNRS, Paris

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution,
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e



R

ENDEZ-VOUS

P.80 Logique & calcul
P.86 Art & science
P.88 Idées de physique
P.92 Chroniques de l'évolution
P.96 Science & gastronomie
P.98 À picorer

121,404 ET AUTRES NOMBRES PALINDROMES

Visuellement faciles à identifier, ces nombres offrent des problèmes de tous niveaux et quelques défis informatiques. Les mathématiciens ont aussi trouvé de beaux résultats: ainsi, tout nombre entier peut s'écrire comme la somme de trois nombres palindromes.

L'AUTEUR



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

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

Les mots «gag», «non», «elle», «rotor», «ressasser» se lisent de droite à gauche aussi bien que de gauche à droite. On dit que ce sont des palindromes. D'ailleurs, «ressasser» et «rotavator» sont les plus longs mots palindromes en français.

Si on néglige les espaces, les accents, les majuscules et la ponctuation, on sait composer des phrases et même de longs textes palindromiques tels que:

Élu par cette crapule (Marcel Duchamp); *Noël a trop par rapport à Léon* (Sylvain Viart); *Rue Verlaine gela le génial rêveur* (Jacques Perry-Salkow); *Ésope reste ici et se repose* (Maître Capelo); *Éric notre valet alla te laver ton ciré* (Maître Capelo).

Georges Perec a composé un texte palindromique de 1247 mots. Plus récemment, Frédéric Schmitter et Jacques Perry-Salkow ont écrit un récit palindromique, *Sorel Eros*, qui comporte 10 001 lettres. Romain Seignovet a trouvé des palindromes pour toutes les langues européennes (voir l'illustration 1 page ci-contre).

Jolis exploits, mais qui ne concernent guère le mathématicien. Ce dernier préfère envisager les nombres palindromes. En trouver est facile, puisque toute suite de chiffres ne commençant pas par 0 est un nombre et qu'on peut donc sans difficulté en écrire qui soient des palindromes: 242, 10001 ou 12321. Leur liste, bien sûr infinie, se programme aisément. C'est la suite A002113 de l'encyclopédie des suites numériques de Neil Sloane

(<https://oeis.org/A002113>). En voici le début: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 22, 33, 44, 55, 66, 77, 88, 99, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 202, 212, 222, 232, 242, 252, 262, 272, 282, 292, 303, 313, 323, 333, 343, 353, 363, ...

Nous allons voir cependant que les jeux et problèmes que les mathématiciens envisagent à propos des nombres palindromes sont aussi variés et difficiles que ceux usuels de la discipline... et que certains restent irrésolus.

COMBIEN SONT-ILS? COMMENT SE RARÉFIENT-ILS?

Commençons par envisager des questions faciles. Combien existe-t-il de nombres palindromes en base 10 composés de n chiffres?

Si n est pair, pour avoir un nombre palindrome à n chiffres décimaux, il suffit de choisir comme on le veut ses $n/2$ premiers chiffres en imposant que le premier ne soit pas 0, et de les répéter en ordre inverse. Pour $n = 6$, on choisit par exemple 247, qui donne 247742. On en déduit que le nombre de palindromes à n chiffres, n pair, est exactement $9 \times 10^{n/2-1}$.

Pour $n = 1$, il y a 10 nombres palindromes: 0, 1, ..., 9. Si n est impair supérieur à 1, en raisonnant comme dans le cas pair, on trouve que le nombre de palindromes à n chiffres est $9 \times 10^{(n-1)/2}$. On en tire que le nombre de nombres palindromes inférieurs à 10^n pour $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ est, respectivement: 10, 19, 109, 199, 1099, 1999, 10999, 19999, ... (ce qui est toujours supérieur à $10^{n/2}$).

Leur densité devient nulle à l'infini et elle est sensiblement inférieure à celle des nombres

