

ART & SCIENCE

Terminator et la petite fleur

Plantoïd est une fleur bionique qui vit de façon autonome grâce à un programme informatique décentralisé. Détachée de tout contrôle, elle rassemble les propriétés de Skynet, l'intelligence artificielle qui cherche à se débarrasser des humains dans les films Terminator.

Loïc MANGIN

C'est une fleur, une simple fleur métallique dont le cœur, parfois, vibre et brille. Elle ne paye guère de mine, et pourtant... Les principes sur lesquels elle est fondée sont, pour certains spécialistes, les germes d'une révolution sans précédent qui ne demande qu'à éclore : les premiers bourgeons sont déjà là.

Plantoïd – la fleur en question – est le fruit d'un projet artistique élaboré par le collectif O'Khaos, fondé par Primavera de Filippi, par ailleurs chercheuse du CNRS au CERSA (Centre d'études et de recherches de science administrative) et au Berkman Center for Internet & Society, de l'université Harvard, aux États-Unis. L'œuvre a été présentée la première fois en 2015 au festival *Ars Electronica*, à Linz, en Autriche, et a depuis fait des petites pousses...

Elle consiste en une sorte de fleur qui se nourrit à plusieurs sources ayant pour noms *blockchain*, organisation autonome décentralisée, bitcoin... Lesquelles constituent le terreau de la révolution annoncée.

Une *blockchain* est une base de données distribuée sur de nombreux ordinateurs répartis dans le monde (c'est un réseau pair à pair) et dans laquelle des transactions sont enregistrées chronologiquement : une telle architecture décentralisée et sans intermédiaire garantit l'inviolabilité de ce qui est inscrit. Le principe de la *blockchain* a été inventé en 2009 par un dénommé Satoshi Nakamoto pour asseoir le bitcoin, une monnaie virtuelle. Un vrai succès, car la capitalisation en 2017

atteint 19 milliards d'euros. Le concept initial de *blockchain* (un simple registre) a ensuite été généralisé et il offre aujourd'hui de nombreuses possibilités. Par exemple, le Ghana a mis en place un cadastre fondé sur une *blockchain*. Certains prédisent la disparition de métiers tels que notaire, banquier, etc., rendus obsolètes par les systèmes à *blockchain*.

Aujourd'hui, une *blockchain* ne se contente plus de contenir des données, elle peut aussi intégrer des programmes informatiques complexes. On obtient alors un ordinateur réparti sur le réseau et non contrôlé. Connectez des objets à cette archi-

Un être hybride, qui existe à la fois dans le monde réel et dans le monde virtuel, et qui utilise les humains pour se reproduire

tecture et vous obtenez une organisation autonome décentralisée, un dispositif intelligent capable d'échanger de la valeur sans intermédiaire. C'est exactement ce qu'est *Plantoïd*, qui est à la plante ce que l'androïde est à l'être humain, un équivalent bionique.

L'œuvre est ainsi une sculpture en forme de fleur, équipée d'un ordinateur intégré dans une *blockchain*. On associe ainsi un corps et un « esprit ». Elle vous plaît ? Montrez-le en alimentant *Plantoïd* avec des bitcoins ! Une fois qu'elle a collecté un montant donné fixé, elle va inviter des artistes, des designers, des développeurs et même des ferrailleurs,

des électriciens à réfléchir à la prochaine génération de *Plantoïd*, que ce soit sur les aspects physiques ou informatiques. Pour choisir parmi les différentes propositions, elle s'appuiera sur les conseils des individus qui ont participé au financement. Les artisans retenus seront rémunérés, en bitcoins, par la plante elle-même. On compte aujourd'hui six *Plantoïd* qui ont été créées par ce système depuis la fleur originelle. L'évolution est en marche !

Étonnamment, du strict point de vue de sa conception et de son mode de reproduction, une *Plantoïd* n'appartient à personne.

Plus précisément, elle s'appartient à elle-même et vit sa propre vie de façon autonome. On ne peut pas acheter une *Plantoïd*. Elle utilise les humains pour se reproduire, un peu à la façon des plantes naturelles avec les abeilles.

Selon Primavera de Filippi, les humains sont devenus des pollinisateurs d'un être hybride qui existe à la fois dans le monde réel et dans le monde virtuel.

Autonome, décentralisée, dénuée de tout contrôle... C'est le portrait de *Skynet*, l'intelligence artificielle des films *Terminator* où l'humanité tout entière est décrétée obsolète. Sans être banquier ni notaire, nous avons peut-être intérêt à suivre de près cette révolution promise...

Le site dédié à *Plantoïd* :

<http://www.okhaos.com/plantoids/>

Des articles de *Pour la Science* sur le thème :

<http://bit.ly/PLS-BloBit>



© oktrans

Dans quelle société souhaitons-nous vivre ?

Les algorithmes sont
probablement
le premier outil
à la mesure
de nos aspirations.

Cessons de les subir,
en cherchant
à les comprendre.

Serge Abiteboul et Gilles Dowek



192 p. - 17 €

Retrouvez toutes nos nouveautés sur notre site
www.editions-lepommier.fr



IDÉES DE PHYSIQUE

Les infidèles micros de la guitare électrique

Grâce à des capteurs électromagnétiques bien placés, une guitare électrique produit des sons que l'instrumentiste peut largement moduler.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Pas facile de faire entendre sa guitare sèche dans un groupe de jazz ! Pour avoir répondu à cette attente dans les années 1930, les ingénieurs de chez Gibson avaient-ils imaginé qu'ils créeraient un instrument de musique aussi populaire ? De l'ES-150 de Charlie Christian à la Fender Stratocaster de Jimi Hendrix, la guitare électrique émet sa musique partout. Mais comment ? On se pose la question quand on remarque que cette guitare est dépourvue de caisse de résonance, structure responsable de l'amplification du son des cordes dans les instruments classiques (voir l'illustration ci-contre).

Des cordes et des frettes

Transformer une corde en instrument de musique est facile. Il suffit de la tendre, puis de la faire vibrer en la frappant (piano), en la frottant (violon) ou en la pinçant (guitare). La perturbation se propage le long de la corde et effectue des allers et retours en se réfléchissant aux extrémités. Le résultat est un mouvement périodique de la corde. Plus précisément, ce mouvement est une superposition (une somme) d'oscillations sinusoïdales à des fréquences égales aux multiples entiers d'une fréquence fondamentale.

C'est cette fréquence fondamentale (inverse de la période) qui définit la hauteur de la note. Les amplitudes relatives des différentes « harmoniques » (les oscillations aux fréquences multiples de la fondamentale)

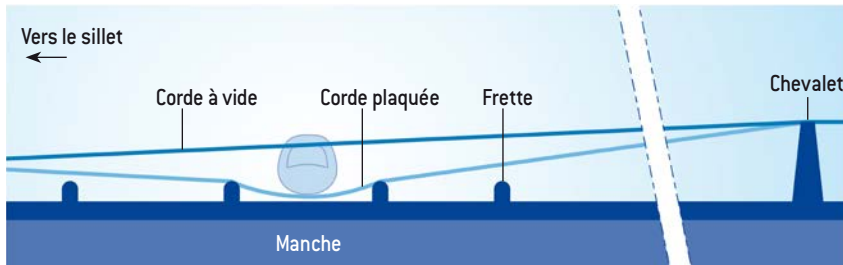
déterminent le timbre de l'instrument. Pour une longueur de corde donnée, la fréquence sera d'autant plus grande, et donc la note plus aiguë, que la corde est tendue ou que sa masse par unité de longueur est faible.

Ainsi, sur une guitare, les six cordes, bien que de même longueur, peuvent produire six notes différentes. Pour obtenir davantage

de notes, il suffit de plaquer les cordes contre le manche avec les doigts pour réduire la longueur mise en vibration. Cela diminue le temps d'aller-retour de la vibration de la corde et augmente donc la fréquence des oscillations. Ainsi, en pressant une corde en son milieu, on double la fréquence, c'est-à-dire que l'on joue une note à l'octave.



UNE CORDE QUI VIBRE PRODUIT UN SON TRÈS FAIBLE. Dans un instrument classique, tel l'oud arabe (à droite), ce son est amplifié grâce au couplage entre la vibration de la corde et celle de la caisse de résonance. Dans une guitare électrique, c'est le mouvement des cordes lui-même qui est traduit en signaux électriques, lesquels sont ensuite transformés en sons par des haut-parleurs.



LORSQUE LE DOIGT PLAQUE LA CORDE contre le manche de l'instrument, il raccourcit la longueur de la corde mise en vibration, ce qui augmente la fréquence sonore fondamentale et produit un son plus aigu que pour la corde entière. Pour un instrument à frettes, comme la guitare ou le luth, la longueur sélectionnée est la distance entre le chevalet et la dernière frette avant le doigt.

Sur le violon ou l'oud, la position du doigt peut varier de manière continue ; cela permet de faire des vibratos, mais la pratique de l'instrument est délicate. Il est plus facile de jouer juste sur un instrument qui comporte des frettes. Ces petites barres de métal incrustées dans le manche sont légèrement surélevées : si vous pressez convenablement la corde entre deux frettes – et peu importe la position précise de votre doigt –, la corde sera immobilisée au niveau de la frette la plus proche du chevalet (voir la figure ci-dessus). Les frettes imposent donc des longueurs bien définies de la partie vibrante de la corde et, convenablement disposées, permettent de jouer des gammes.

L'aimant magnétise la portion de la corde placée juste au-dessus (voir la figure page ci-contre), cette dernière étant en acier ou en nickel (des matériaux ferromagnétiques). Lorsque la corde vibre, le petit champ magnétique dû à son aimantation varie au niveau de la bobine. En vertu des lois de l'induction électromagnétique, il engendre alors aux bornes de la bobine une tension électrique.

Ainsi, le principe de la conversion est simple. Mais la relation entre les vibrations de la corde et le courant produit l'est beaucoup moins. Tout d'abord, ce courant n'est pas proportionnel à l'amplitude des vibrations, car les champs magnétiques sont très inhomogènes aux échelles considérées : quand la corde s'éloigne du capteur, elle se retrouve dans une zone de champ magnétique plus faible. Le petit aimant induit sur la corde devient donc à la fois moins puissant et plus distant de la bobine. Et c'est l'inverse quand la corde se rapproche. Ces variations, qui se répercutent sur la tension induite, peuvent rendre le son très puissant, avec de fortes non-linéarités qui enrichissent le son en harmoniques élevées.

Ensuite, le capteur agit mécaniquement sur les cordes, puisque son aimant permanent attire le morceau de corde aimanté. Cet effet amortit les vibrations de la corde et peut rendre le son beaucoup moins persistant. Par ailleurs, la corde peut vibrer parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de la bobine. La tension induite sera, dans le premier cas, beaucoup plus élevée (typiquement d'un facteur 10) que dans le second, car la variation du champ magnétique sera plus importante. Le « micro » traduira donc très différemment le jeu du guitariste selon la façon dont il gratte la corde, avec ou sans médiateur.

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. Leur blog : www.scilogs.fr/idees-de-physique.

Leur dernier ouvrage : *En avant la physique !*, un recueil de leurs meilleures chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).



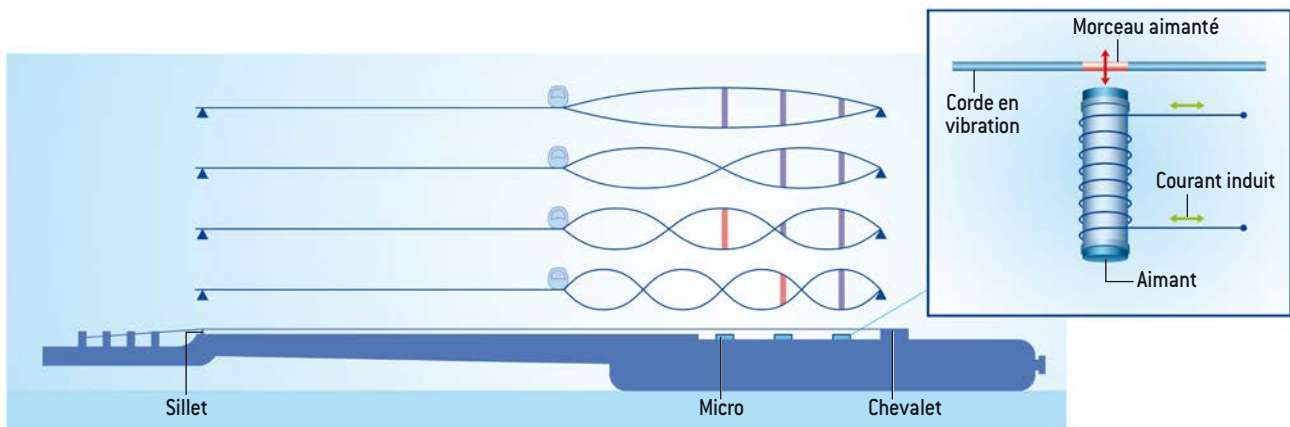
Retrouvez la rubrique
Idées de physique sur
www.pourlascience.fr

Un « micro » magnétique

Mais la corde ne fait pas tout : sa vibration produit un son très faible, car elle agit très peu sur l'air qui l'entoure. La solution habituelle est de coupler mécaniquement cette vibration à une grande surface associée à une caisse de résonance creuse, comme avec une guitare classique.

Et dans une guitare électrique ? Ici, les vibrations de chaque corde sont directement converties en signaux électriques par un capteur électromagnétique, qu'on nomme usuellement « micro », bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'un microphone (dispositif censé capter un son). Les signaux électriques sont amplifiés afin de faire vibrer la membrane de haut-parleurs, avec en bonus la possibilité de traiter électroniquement le son pour obtenir le timbre et la sonorité désirée.

Le « micro » est composé d'un aimant (ou plusieurs) autour duquel un fil de cuivre très fin est enroulé et forme une bobine.



CHAQUE « MICRO » D'UNE GUITARE ÉLECTRIQUE est un capteur électromagnétique, qui aimante le morceau de corde situé face à lui. Le mouvement de ce morceau de corde, en faisant varier le champ magnétique au niveau du capteur, induit un courant électrique dans la bobine de celui-ci. Par ailleurs, pour chaque mode d'oscillation (*de haut en*

bas : le mode fondamental et les trois harmoniques suivantes) de la corde, les trois « micros » captent des oscillations d'amplitudes différentes (*traits verticaux ; le rouge indique ici une oscillation en opposition de phase*) en fonction de leurs positions. Ils conduisent donc à des sons de timbres différents à partir de la même corde en vibration.

Enfin, il ne faut pas oublier l'influence de la vitesse de la corde sur la tension induite, effet qui favorise encore les hautes fréquences. Et c'est sans compter que le capteur se comporte comme un oscillateur électrique, qui a sa propre fréquence de résonance et son propre taux d'amortissement. On comprend donc le soin méticuleux avec lequel un guitariste règle son « micro » !

Combiner les micros

Ou plutôt ses micros, car, comme on le constate sur la Stratocaster, il y en a trois pour chaque corde : le micro manche, le micro intermédiaire et le micro chevalet. Pour comprendre l'intérêt de cette multiplicité, regardons d'abord le mode fondamental d'une note jouée sur la guitare (*voir la figure ci-dessus*). L'amplitude de la vibration de la corde est plus élevée au niveau du micro manche qu'au niveau du micro chevalet : cela signifie que, pour un réglage identique par ailleurs, ce mode est plus présent dans le son du premier micro que dans le second.

Considérons maintenant une harmonique, la troisième. Au niveau du micro chevalet, la vibration est accentuée par rapport au mode fondamental, tandis que son amplitude est pratiquement nulle au niveau du micro manche ; et pour le micro intermédiaire, la vibration est en opposition de phase par rapport aux deux autres.

On voit ainsi que le micro chevalet conserve toutes les fréquences et favorise les plus élevées. Le son de ce micro est donc plus agressif, plus aigu. Le micro manche, lui, conserve bien les basses fréquences et élimine certaines harmoniques. On l'utilise pour avoir un son plus rond, plus grave.

Dans la Stratocaster, un raffinement vient enrichir ces sonorités : le micro chevalet est incliné d'une dizaine de degrés vers le manche et capte plus facilement le mode fondamental des cordes les plus hautes (les plus graves) tandis que le micro intermédiaire est très légèrement incliné vers le chevalet, ce qui au contraire gonfle un peu en harmoniques ces notes graves.

Mieux encore, la Stratocaster est dotée d'un sélecteur qui permet de choisir entre ces trois micros, ou une combinaison d'un des micros extrêmes avec le micro intermédiaire : les possibilités sonores en sont multipliées d'autant.

Ainsi, paradoxalement, ce n'est pas tant pour leur fidélité de restitution du mouvement des cordes que l'on conserve ces micros magnétiques (des capteurs optiques disponibles depuis une vingtaine d'années feraient mieux l'affaire), mais plutôt pour leurs infidélités, qui contribuent à la variété des sons des guitares électriques... ou des ouds électriques que l'on commence à voir depuis quelques années. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

P. Perov *et al.*, *The physics of guitar string vibrations*, *American Journal of Physics*, vol. 84(1), pp. 38-43, 2016.

A. U. Case *et al.*, *Electric guitar – A blank canvas for timbre and tone*, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, vol. 19, article 015039, 2013.

N. G. Horton et T. R. Moore, *Modeling the magnetic pickup of an electric guitar*, *American Journal of Physics*, vol. 77(2), pp. 144-150, 2009.

QUESTION AUX EXPERTS

Avaler un corps étranger est-il dangereux ?

L'ingestion d'un objet est le plus souvent anodine, sauf si cet objet est tranchant, volumineux ou chimiquement actif.

Bernard SCHMITT



L'ingestion de corps étrangers se rencontre surtout chez les enfants, les personnes âgées et en milieu psychiatrique. L'enfant, pour lequel les actions de prévention sont essentielles, ingère le plus souvent des pièces de monnaie, des médailles, des épingles, des piles, des crayons, des parties de jouets. Chez l'adulte, les corps étrangers avalés et posant un problème sont majoritairement d'origine alimentaire : os, arêtes de poisson, gros morceau de viande, voire... dentier.

Un tel événement expose à deux complications principales : la perforation du tube digestif (par une lame de rasoir, un couteau, un clou, une clé, etc.) et l'occlusion intestinale (due à un gros objet). Chez l'adulte, le blocage d'un corps étranger ou d'un aliment permet de découvrir dans presque 40 % des cas un facteur de risque préexistant tel qu'une sténose peptique (un rétrécissement de l'œsophage) ou néoplasique (rétrécissement dû à une prolifération cellulaire), des diverticules (formation de poches sur les muqueuses intestinales), une hernie hiatale (remontée de l'estomac à travers le hiatus œsophagien).

Que faire en cas d'ingestion ? Tout dépend du diagnostic posé d'emblée. En cas d'ingestion de petits objets non tranchants ou ayant déjà franchi la barrière du pylore (orifice de communication entre l'estomac et le duodénum), une simple surveillance suffit si aucun symptôme ne se manifeste. À l'inverse, en cas de douleur,

d'une affection œsophagienne connue, de blocage intra-œsophagien, d'objet tranchant ou volumineux (longueur supérieure à 6 centimètres, diamètre supérieur à 2,5 centimètres), ainsi que d'ingestion de piles (en particulier de piles-boutons chez l'enfant) ou d'aimants, l'extraction en urgence s'impose. En effet, des lésions des muqueuses peuvent apparaître en une heure, des dégâts musculaires en deux à quatre heures et une perforation en huit à douze heures.

Prise en charge nuancée

La prise en charge sera donc nuancée et graduée. Si aucun symptôme ne se manifeste, il convient d'abord de calmer l'angoisse de l'adulte confronté au problème ou des parents dont l'enfant vient d'avaler un objet. En effet, près de 80 à 90 % des corps étrangers traversent spontanément le tractus digestif sans qu'aucune intervention endoscopique ou chirurgicale ne soit nécessaire. L'attente peut se faire même à domicile, mais une surveillance clinique et radiologique permet de vérifier que la progression se passe bien, jusqu'à l'évacuation.

Cependant, au moindre doute ou s'il y a aggravation des symptômes, par exemple en cas de douleurs, l'extraction s'impose. Elle est facilitée depuis quelques années par les progrès de l'endoscopie digestive, notamment grâce aux fibroscopes munis de pinces préemptives. Dans la pratique, seuls 15 % environ des cas exigent une

extraction endoscopique. On réalise celle-ci sous anesthésie générale après intubation. Finalement, seuls 1 % des cas d'ingestion de corps étrangers nécessitent une extraction chirurgicale.

Beaucoup plus inquiétantes sont les ingestions volontaires, car elles concernent surtout des objets acérés (aiguilles, lames de rasoir, clous) ou des ustensiles de cuisine (cuillères, fourchettes, couteaux). Les sites de blocage les plus fréquents se situent au niveau de la glotte, du pharynx, de l'œsophage et du pylore. Ils nécessitent presque toujours une extraction endoscopique, voire chirurgicale.

Une autre situation à très haut risque vital est celle du *body packing*, où de jeunes adultes, en provenance de Colombie, du Pérou ou de Guyane, avalent des préservatifs remplis de stupéfiants avant de prendre l'avion pour l'Europe. En 2015, 250 kilogrammes de drogues ainsi transportés ont été découverts à l'aéroport parisien de Roissy par des policiers, qui ont ensuite patiemment attendu la livraison des « paquets ». Lorsque celle-ci ne vient pas, ou au moindre de soupçon de perforation de la poche, il devient urgent de procéder à une opération chirurgicale.

Pour finir, précisons que l'ingestion de produits ménagers liquides peut également être gravissime. Mais cela mériterait un autre article ! ■

Bernard SCHMITT est chercheur au Centre d'enseignement et de recherches en nutrition du Centre hospitalier de Bretagne-Sud, à Lorient.