

À qui appartiendra une voix de synthèse créée à partir de voix humaines ?

■ BIBLIOGRAPHIE

A. van den Oord *et al.*, **WaveNet : A generative model for raw audio**, *Proceedings of Interspeech*, San Francisco, 2016 (<https://deepmind.com/blog/wavenet-generative-model-raw-audio/>).

K. Tokuda *et al.*, **Speech synthesis based on hidden Markov models**, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 101(5), p. 1234-1252, 2013.

N. Obin, **MeLos : Analysis and modeling of speech prosody and speaking style**, thèse de doctorat, Ircam-UPMC, 2011.

J. W. Mullennix et S. E. Stern (éd.), **Computer Synthesized Speech Technologies : Tools for Aiding Impairment**, IGI Global, 2010.

intégralement la voix sous la forme d'un modèle statistique, qui en réalise une abstraction mathématique capable de reproduire et de régénérer l'intégralité d'une voix de synthèse. Ainsi, la loi de distribution statistique (moyenne et variance pour une distribution gaussienne) permet de modéliser la répartition de chaque phonème dans l'espace acoustique des paramètres de la voix (hauteur, durée, intensité, timbre).

Afin de modéliser l'évolution temporelle des paramètres de la voix, des modèles statistiques séquentiels (tels que les « chaînes de Markov cachées ») sont par ailleurs utilisés : chaque phonème est alors segmenté en « états », par exemple début, milieu et fin, chaque état étant soumis à sa propre loi statistique.

Le formalisme statistique permet alors de manipuler ces « abstractions » par combinaison, interpolation et adaptation des paramètres statistiques dans l'espace des voix. On peut par exemple créer une voix hybride à partir des paramètres statistiques de deux voix réelles, de créer une voix moyenne résultant de la combinaison de milliers de voix, etc. Cette évolution technique étend considérablement les possibilités de la synthèse de la parole à partir du texte : elle ne se limite plus nécessairement à une voix réelle et s'adapte alors rapidement pour créer une nouvelle voix de synthèse à partir de quelques minutes d'enregistrement seulement. Ainsi, il est déjà possible de recréer la voix d'une personne ayant perdu l'usage de la parole à partir de quelques minutes d'enregistrement de sa voix (voir l'encadré page 61), ou de faire parler une personne dans une autre langue avec sa propre voix (voir l'encadré page 60).

Pour impressionnants que soient les progrès, les voix de synthèse restent encore imparfaites et l'intervention humaine est toujours nécessaire pour obtenir une bonne qualité de conversion et de synthèse. La révolution en cours de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage profond par réseaux de neurones artificiels et des données massives devrait entraîner une nouvelle vague d'avancées.

Dans la technique des réseaux de neurones artificiels, ou réseaux neuromimétiques, le dispositif matériel ou virtuel qui « apprend » est constitué de couches d'éléments, ayant chacun deux états possibles,

connectées les unes aux autres par des liens dont les caractéristiques sont modifiées au cours du processus d'apprentissage par un algorithme approprié. De tels réseaux, censés imiter les processus naturels d'apprentissage se déroulant dans le cerveau, ont fait leur entrée dans l'apprentissage automatique dans les années 1970. Mais leur développement s'est heurté à des limitations théoriques et algorithmiques, ainsi qu'aux faibles capacités des machines de l'époque.

L'apprentissage profond est en marche

Les avancées théoriques réalisées au cours de la dernière décennie et l'augmentation considérable de la puissance des ordinateurs ont remis cette technique sur le devant de la scène. Ainsi, de nouveaux algorithmes d'apprentissage ont été conçus pour des réseaux de neurones « profonds » (constitués de nombreuses couches, chacune formée de nombreux neurones), l'apprentissage portant sur une quantité massive de données. Ces techniques laissent espérer que, dans les prochaines décennies, on créera des voix numériques indiscernables des voix réelles, dans n'importe quelle langue, et personnalisables selon les besoins.

Demain, nous sculpterons notre propre voix et nous interagissons quotidiennement avec des machines intelligentes dont la voix sera indiscernable de celle d'un humain – cet ultime « miroir de l'âme ». *Deus* ou *diabolus ex machina* ? Ces avancées ne sont pas sans contrepartie et soulèvent des questions fondamentales sur la place des voix de synthèse et des machines humanisées dans nos sociétés.

Ainsi, à qui appartiendra une voix de synthèse créée à partir de voix humaines ou obtenue par conversion d'une autre voix ? À l'individu imité ? À l'individu transformé ? Aux chercheurs et aux ingénieurs qui ont rendu possible cette réalisation ? Et comment distinguer la voix synthétique de la voix réelle ? Comment authentifier l'auteur d'un message dont on peut contrefaire la voix ? L'humanisation des voix de synthèse, à l'instar de l'apparence visuelle des robots, pose également question. Avec des machines pourvues de voix trop humaines, ne faisons-nous pas un pas dans la « vallée dérangement » dont nous avertissait le roboticien japonais Masahiro Mori ? ■



Abonnez-vous à

POUR LA SCIENCE

OFFRE DÉCOUVERTE
12 n^{os} par an
4,90€
PAR MOIS
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'Industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☒ **OUI**, je m'abonne à **Pour la Science** formule Découverte.
 Je règle par prélèvement automatique de 4,90€ par mois et
 je complète l'autorisation ci-contre. **J'économise 24% par mois.**
 (IPV4E90)

MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____

@ _____

J'accepte de recevoir les informations de *Pour la Science* ☐ OUI ☐ NON
 et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/12/2016 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à *Pour la Science*. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre.

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier

Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris

N° ICS FR92ZZ426900

N° de référence unique de mandat (RUM)

Joindre un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

Les précieux vélins du Muséum

Pour le plaisir des yeux, une exposition inhabituelle et un livre magnifique offrent l'occasion de découvrir trois siècles d'illustration naturaliste à travers la singulière collection de vélins du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

Cécile Lestienne

La bibliothèque centrale du Muséum abrite un fragile et inestimable trésor : 6 998 vélins naturalistes conservés dans 107 portefeuilles de maroquin rouge, rangés à plat dans des armoires sécurisées, à la température et à l'hygrométrie soigneusement contrôlées. Car les vélins sont des peaux de veau mort-né à la blancheur et à la transparence inégalables, un merveilleux support sur lequel, dans de bonnes conditions, les couleurs ne fanent jamais. Ces chefs-d'œuvre ne voient jamais ou presque la lumière du jour, tant ils sont vulnérables. D'où l'idée de les numériser pour les rendre accessibles au public et aux chercheurs. Un long chantier (il a fallu trois ans à un technicien de la RMN, la Réunion des musées nationaux, pour photographier l'ensemble de la collection) dont l'institution célèbre l'achèvement par une exposition* qui permet exceptionnellement aux visiteurs d'admirer de près une quarantaine de ces précieuses illustrations. Tandis que, pour l'occasion, les éditions Citadelles & Mazenod publient avec le Muséum un très bel ouvrage sous la direction scientifique des commissaires de l'exposition, Pascale Heurtel et Michelle Lenoir (*voir page 71*), reproduisant plus de 800 vélins. Majestueux ours blanc, délicats papillons, coquillages nacrés, oiseaux au chatoyant plumage, émouvante tortue de La Réunion à jamais éteinte... Et, surtout, des centaines de fleurs et de plantes : tulipes, iris, amaryllis, mandragore et cactus, poivrons et aubergines... plus vrais et plus beaux que nature. Un somptueux aperçu de cette collection unique au monde entamée au XVII^e siècle par Gaston d'Orléans, frère de Louis XIII, puis enrichie par le Roi-Soleil, avant d'échoir à la Révolution au tout nouveau Muséum d'histoire naturelle, où elle sert d'outil pédagogique aux professeurs, jusqu'à ce que la photographie et les progrès de l'édition dépouillent les vélins de leur utilité scientifique. Mais certainement pas de leur qualité esthétique.

* Précieux vélins - Trois siècles d'illustration naturaliste. Cabinet d'histoire du Jardin des plantes, 57 rue Cuvier, Paris 5^e. Jusqu'au 13 janvier 2017. Tous les jours de 10 heures à 17 heures. Tarif plein : 3 euros. Détails sur www.mnhn.fr

ENTRE SCIENCE ET ART

Cultivé, artiste à ses heures, féru de botanique et d'ornithologie, Gaston d'Orléans, frère rebelle de Louis XIII, collectionne les plantes rares et les oiseaux exotiques. Vers 1630, il engage Nicolas Robert, un jeune peintre, fils d'aubergistes de Langres, pour représenter sur vélins la faune et la flore de ses jardins. L'objectif ? Reproduire de manière scientifique les plus beaux spécimens de sa collection par essence éphémère, comme cette amaryllis et cet hémante écarlate originaires d'Afrique du Sud. Mais aussi fournir des modèles d'ornementation florale aux brodeurs, tapissiers et autres orfèvres à une époque où la mode est aux vêtements et aux meubles luxuriants.