

La sélection robotique

Par un procédé analogue à la sélection naturelle, des robots marcheurs sont créés ex-nihilo.

A Prague, une légende veut qu'un vieux rabbin ait fabriqué un être artificiel en argile, le Golem, afin de soulager les habitants de la ville de leurs corvées quotidiennes. Les roboticiens ne font pas autre chose, sauf qu'ils remplacent l'argile par du métal ou du plastique, et comptent plus sur des moteurs électriques pour mouvoir leurs créations que sur des extraits de la Cabbale. Toutefois, les roboticiens ajoutent aujourd'hui un ingrédient jusque-là réservé à Dame nature : la sélection naturelle.

Hod Lipson et Jordan Pollack, de l'Université Brandeis, ont «construit» sur ordinateur des robots constitués d'éléments passifs (des barres rigides et des articulations) et d'éléments actifs (des barres rétractables). Ces robots, commandés par un réseau de neurones, ont pour tâche de se déplacer en ligne droite. Ces robots assemblés (au cours d'une simulation), ont été soumis à des contraintes «évolutives» artificielles, par un procédé qui s'apparente à la sélection naturelle. À partir d'une population de robots virtuels, le

processus de sélection choisit les plus performants, c'est-à-dire ceux qui parcourent la plus grande distance en un temps donné.

Puis, au hasard, le «programme de sélection» ajoute, retire ou modifie une structure passive de l'architecture, ou des neurones du système de commande des «individus» sélectionnés. Lorsqu'apparaît un neurone qui relie le système de commande à une barre rigide, celle-ci devient alors automatiquement une barre rétractable active. Aucun mouvement n'est possible tant qu'un neurone n'est pas relié à une barre rétractable, et plusieurs générations sont requises avant d'observer le moindre mouvement. On passe d'une «génération» de robots à la suivante lorsque le programme informatique a, premièrement, modifié au hasard les robots virtuels, puis, deuxièmement, éliminé les moins performants.

D'abord modélisée sur un ordinateur, une population initiale de 200 machines a peu à peu évolué et fait apparaître des robots capables de se déplacer. Les simulations achevées, les modèles retenus après 300 à 600 générations ont été fabriqués, grâce à une «imprimante en trois dimensions» qui a façonné les éléments des différents robots en plastique. L'intervention humaine est réduite à son minimum : elle consistait à monter les éléments fabriqués et à installer des moteurs électriques au niveau des barres rétractables.

Chacune des machines finales était composée en moyenne d'une vingtaine de barres. Parmi elles, les roboticiens ont eu la surprise d'obtenir des spécimens symétriques alors qu'aucune instruction n'avait imposé, ni proposé cette solution : ils concluent que la marche en ligne droite symétrique est naturellement «sélectionnée». De plus, les «vainqueurs» de cette compétition étaient robustes, c'est-à-dire que de petites modifications, telle la longueur des barres, n'influent pas sur leur capacité à marcher.

Au palmarès, une structure en forme de tétraèdre avec une barre centrale parcourt plus de trois centimètres par cycle de mouvements. Par ailleurs, une structure en forme de flèche dotée de trois «bras» rétractables a fait preuve d'inventivité en utilisant un déphasage synchronisé des mouvements : tandis que la barre centrale se rétracte, les deux extérieures s'allongent et font glisser l'ensemble.

Des robots autonomes qui se construisent eux-mêmes et évoluent font rêver les ingénieurs des agences spatiales qui y voient des engins d'exploration idéaux. Devant de telles applications, oublions la fin de la légende du Golem, selon laquelle la créature s'est rebellée contre les êtres humains qui l'avaient créée.

Déformation professionnelle

Les chanteurs d'opéra présentent des déformations de la colonne vertébrale qui résultent de la pratique intensive du chant.

Des anomalies de la forme et de la courbure du rachis cervical des chanteurs d'opéra avaient été constatées, il y a une quinzaine d'années, par Nicole Scotto di Carlo, de l'unité CNRS-ESA 6057, à l'Université de Provence. Toutefois, les données n'étaient pas suffisantes pour que l'on réponde à la question : ces anomalies sont-elles d'origine pathologique ou résultent-elles d'une déformation inhérente à la pratique du chant ? Afin de déterminer la cause de ces anomalies, N. Scotto di Carlo a entrepris une étude radiologique systématique du rachis cervical de plusieurs chanteurs professionnels : les déformations du rachis cervical observées résultent bien de la pratique intensive du chant.

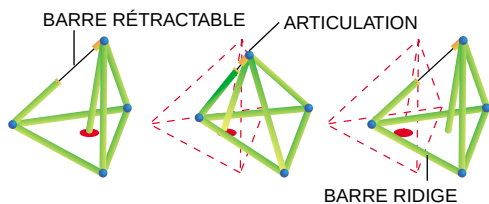
Pour cette étude, 12 chanteurs professionnels (qui avaient entre 15 et 25 ans de pratique vocale), 12 chanteurs débutants (5 ans de pratique vocale) et 12 personnes qui ne chantent pas et constituent le groupe témoin ont été sélectionnés. Aucun ne présentait de pathologie rachidienne ni de trouble de la statique, aucun ne pratiquait d'activité sportive mettant le cou à l'épreuve. Des radiographies de la tête et du cou ont été réalisées sur des chanteurs au repos et pendant qu'ils émettaient des voyelles en voix parlée et en voix chantée dans les registres grave, médium et aigu. Les sujets témoins ont été radiographiés au repos et en cours de bâillement, quand l'ouverture de leur bouche est proche de celle des chanteurs pendant l'émission de l'aigu.

L'analyse des radiographies a révélé des anomalies dans la forme du rachis cervical pour tous les chanteurs professionnels : plus de la moitié présente une rectitude cervicale, c'est-à-dire un rachis cervical rectiligne (voir la figure 1c), et 42 pour cent ont une hypocyphose, c'est-à-dire une légère courbure à concavité antérieure (voir la figure 1d). Seulement 16 pour cent des chanteurs débutants ont une rectitude cervicale.

De surcroît, cette étude a révélé l'existence de postures spécifiques en fonction des registres. Chez les chanteurs professionnels, lors du passage du grave à l'aigu, l'ouverture buccale augmente, la tête se relève, le rachis cervical recule et la courbure cervicale s'inverse (voir la



Hod Lipson et Jordan Pollack



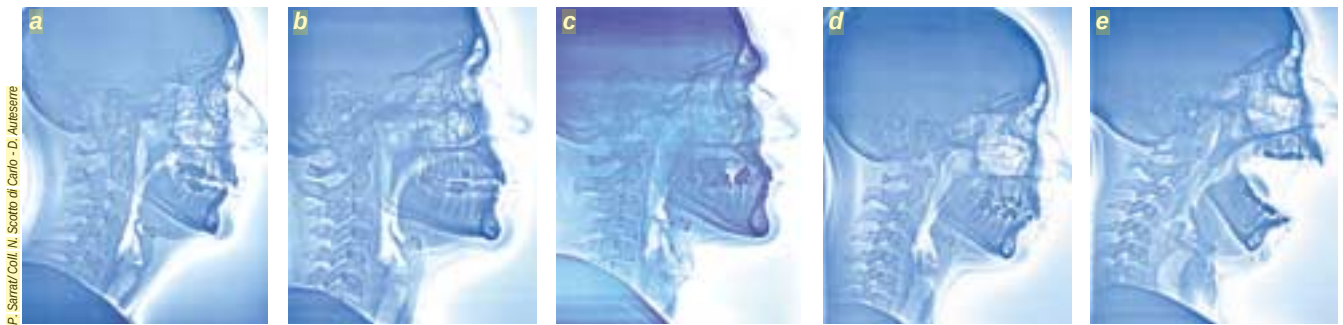
L'évolution et la pression d'une sélection «artificielle» appliquée à des robots dont la tâche est de marcher en ligne droite aboutit, après 300 à 600 générations, à des «spécimens» qu'une «imprimante en trois dimensions» a fabriqués. Certains ont la forme d'un tétraèdre (au milieu) muni d'une tige centrale qui sert d'appui lorsqu'une barre se rétracte (le principe de la «marche du robot» a été schématisé en bas). Ce robot avance de deux à trois centimètres par cycle de mouvements et chaque cycle dure quelques secondes.

figure 1e). En revanche, chez les chanteurs débutants, les modifications sont moins prononcées et, dans l'aigu, la courbure du rachis cervical ne s'inverse pas. Lors du passage du grave à l'aigu, le relèvement de la tête et le recul du rachis cervical sont imposés l'un et l'autre par l'ouverture buccale. Chez les chanteurs professionnels, le recul du rachis cervical dans l'aigu s'accompagne d'une inversion de courbure laquelle dégage le pharynx qui se dilate alors suffisamment pour permettre la bascule antérieure

du larynx, indispensable à l'émission de l'aigu.

Ainsi, la mobilité du rachis cervical et les déformations qu'il subit pendant le chant semblent être la cause des anomalies de la courbure observée chez tous les chanteurs examinés. Ces anomalies n'étant associées à aucun trouble fonctionnel, on admet que la posture observée chez les artistes lyriques au repos résulte des déformations cervicales subies tout au long des années de pratique intensive du chant.

Dans le chant, les déplacements antéro-postérieurs du rachis peuvent atteindre cinq à six centimètres (à la septième vertèbre cervicale). Cette extrême mobilité expliquerait que toute lésion de cette région du rachis (y compris un simple torticolis) qui réduirait sa mobilité perturberait la voix chantée et notamment l'émission de l'aigu. Pour ne pas mettre leur voix en danger, les chanteurs professionnels doivent éviter toute manipulation ou intervention chirurgicale visant à corriger les «anomalies» de leur rachis cervical.



La comparaison de radiographies faites sur des personnes qui ne chantent pas (a) et sur des chanteurs d'opéra professionnels a révélé plusieurs anomalies dans la courbure du rachis cervical. Ainsi, on observe dans la moitié des cas une rectitude cervicale (b), parfois une hypo-

lordose (c), c'est-à-dire une légère courbure à convexité postérieure de la colonne vertébrale, ou encore une hypocypose, c'est-à-dire une légère courbure à convexité antérieure (d). Chez certains chanteurs, pendant l'émission de l'aigu, on constate une cyphose prononcée (e).

Vache folle : révision à la baisse des risques

Nouvelles estimations du nombre des personnes qui mourront de la maladie transmise par l'agent de la vache folle.

Depuis son déclenchement en Angleterre au début des années 1990, l'épidémie de la vache folle a tué 180 000 bovins et provoqué l'apparition d'une nouvelle maladie humaine. Cette dernière ressemble en tout point à la maladie de Creutzfeldt-Jakob, décrite au début du xx^e siècle par Hans Creutzfeldt et Alfons Jakob. Maladie rare, cette dernière touche une personne sur un million. Dans huit pour cent des cas, elle apparaît sous une forme dite sporadique, parce qu'elle survient «au hasard» chez des personnes, qui ont en moyenne 65 ans. En revanche, la nouvelle forme de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, frappe surtout les jeunes : plus de la moitié des malades ont moins de 35 ans. Aujourd'hui, les biostatisticiens Roy Anderson et ses collègues de l'Université d'Oxford, révisent à la baisse les conclusions, inquiétantes, qu'ils tiraient dans leurs estimations précédentes. Tenant compte des cas dénombrés jus-

qu'en 1999, ils estiment qu'il y aura vraisemblablement entre 63 et 136 000 victimes : c'est trop, certes, mais c'est moins que les 500 000 victimes britanniques de la maladie de Creutzfeldt-Jakob évoquées dans le passé.

Malgré les nouvelles prévisions, le bilan du premier semestre de l'année 2000 est déjà de 24 décès, dont cinq dans un même village du Leicestershire. Toutefois, selon Annick Alpérovitch, qui dirige l'Unité INSERM 360 d'épidémiologie des maladies neuro-dégénératives à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, le nombre de cas augmente parce que l'épidémie ne fait que commencer. Comme la durée moyenne d'incubation de la maladie de Creutzfeldt-Jakob se mesure en dizaines d'années, le nombre annuel de victimes risque encore d'augmenter pendant quelques années.

Pour calculer le nombre probable de victimes de la maladie, R. Anderson et ses collègues évaluent le risque, pour une personne, de tomber malade à un instant et à un âge donnés. Ce risque dépend de trois facteurs principaux : la susceptibilité génétique des individus à la maladie, le risque qu'un bovin contamine une ou plusieurs personnes, et la répartition statistique des durées d'incubation dans la population. Le facteur génétique est le mieux connu. On sait que toutes les personnes qui ont été atteintes par cette nouvelle maladie ont une caractéristique

génétique commune, que partagent environ 40 pour cent des britanniques. Dans leur étude, les biostatisticiens d'Oxford considèrent donc que seuls les individus porteurs de cette caractéristique sont menacés par la nouvelle maladie de Creutzfeldt-Jakob.

On évalue moins bien la capacité de contamination d'un bovin malade introduit dans la chaîne alimentaire. Les biostatisticiens anglais supposent que, si une vache malade est consommée, elle ne contamine que deux personnes au plus. Inspirée par les dernières observations, cette hypothèse est une révision optimiste des précédentes estimations.

Enfin, on ignore totalement la répartition des durées d'incubation dans la population britannique, mais on peut la simuler à l'aide de lois statistiques, qui toutes ont pour paramètre principal la durée moyenne d'incubation. Ainsi armée d'une méthode de calcul du risque de tomber malade, l'équipe de R. Anderson en a fait varier tous les paramètres ; elle étudie ainsi des millions de scénarios, ne retenant que ceux qui conduisent à des prévisions reproduisant les statistiques de début d'épidémie.

Plus de cinq millions de configurations de paramètres ont été envisagées. Comment mettre de l'ordre ? Les biostatisticiens ont défini quatre niveaux de mortalité hypothétiques pour l'année 2000, puis pour la période 2001-2002. Il ont ensuite réparti leurs prévisions