

hautes fréquences. Ils produisent alors les clics grâce à des morceaux de cuticule striés nommés timbales et situés de part et d'autre du thorax. Chaque timbale présente une trentaine de bandes successives, que l'insecte déforme l'une après l'autre, produisant une succession de clics. La timbale émet une seconde série de clics en reprenant sa forme initiale. La fréquence atteint 4500 clics par seconde. C'est un exemple typique de brouilleur de sonar, dont le principe est identique à celui des brouilleurs de radar. Les timbales sont caractéristiques des papillons du genre *Bertholdia* et de leurs cousins, et leur distribution taxonomique suggère que ces organes représentent une parade ancienne au sonar des chauves-souris.

Mon étudiant Aaron Corcoran a montré que les clics émis par les papillons empêchent les chauves-souris de les attraper, en laboratoire comme sur le terrain. Comment ce brouillage sonore modifie-t-il la perception des chauves-souris ? Certains chercheurs ont suggéré que si les clics du papillon ont des caractéristiques spectrales et temporelles assez semblables à celles des échos que renverraient des proies, les chauves-souris les interpréteraient comme des échos produits

BIBLIOGRAPHIE

W. Conner et A. Corcoran, **Sound strategies : The 65-million-year-old battle between bats and insects**, *Annual Review of Entomology*, vol. 57, pp. 21-39, 2012.

L. Jakobsen *et al.*, **Convergent acoustic field of view in echolocating bats**, *Nature*, vol. 493, pp. 93-96, 2012.

L. Kloepper *et al.*, **Active echolocation beam focusing in the false killer whale, *Pseudorca crassidens***, *Journal of Experimental Biology*, vol. 215, pp. 1306-1312, 2012.

W. Conner, **Tiger Moths and Woolly Bears : Behavior, Ecology and Evolution of the *Arctiidae***, Oxford University Press, 2008.

D. Nguyen, **La communication chez les dauphins et les baleines**, *Dossier Pour la Science*, n° 34, 2002.

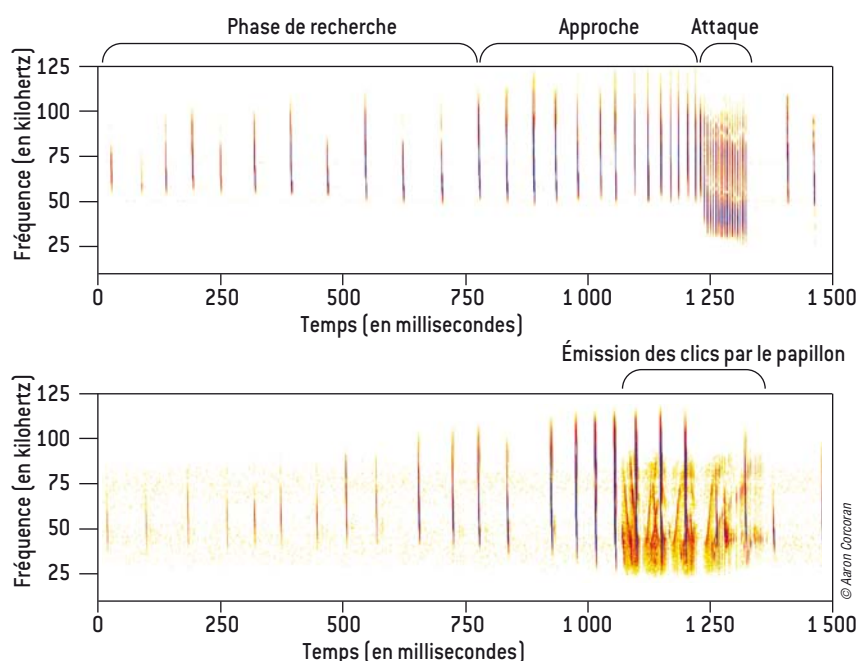
par des « cibles fantômes ». Deuxième hypothèse, des clics assez nombreux et intenses pourraient masquer les véritables échos, rendant la cible invisible. Enfin, des clics qui se superposent aux échos ou les précèdent de peu diminueraient la précision avec laquelle le prédateur détermine la distance de la proie. Les trois hypothèses se distinguent par ce que perçoit la chauve-souris : de multiples objets entourant le papillon pour l'hypothèse des cibles fantômes, aucune cible pour celle du masquage et une cible floue dans le cas d'interférences avec les indications de distance. Les travaux d'A. Corcoran accèdent pour l'instant cette dernière hypothèse, qui prédit de façon fidèle l'écart avec lequel la chauve-souris manque sa proie.

A. Corcoran a aussi montré que les papillons brouilleurs ne produisent leurs signaux que lorsqu'ils sont menacés par une chauve-souris (voir la figure 7). Quand celle-ci a repéré sa proie et se met en chasse, elle augmente l'intensité de ses cris et diminue l'intervalle qui les sépare. Le papillon détecte ces modifications et déclenche alors son brouillage.

Des chauves-souris furtives

Les chauves-souris ne sont pas en reste dans la course aux armements : en 2010, Holger Goerlitz et ses collègues de l'Université de Bristol, au Royaume-Uni, ont découvert que certaines d'entre elles sont furtives. Ainsi, les cris d'écholocation de la chauve-souris *Barbastella barbastellus*, qui chasse les insectes en vol, sont 10 à 100 fois moins intenses que ceux de ses consœurs. En conséquence, elle n'est détectée par les papillons dotés d'un système auditif que lorsqu'elle fonde sur eux et que leur sort est déjà scellé.

Ces stratagèmes et contre-stratagèmes constituent ce qu'on nomme une course aux armements diffuse, où de multiples espèces de chauves-souris mènent une lutte évolutionniste contre de multiples espèces de papillons. Les découvertes devraient se multiplier : on compte environ 11 000 espèces de papillons tiges dans le monde et 200 000 autres espèces de papillons de nuit, auxquels s'ajoutent des insectes variés (coléoptères, sauterelles, criquets, mouches, mantes, etc.). Tous doivent se protéger des chauves-souris, le plus redoutable des prédateurs nocturnes. ■



7. CERTAINS INSECTES BROUILLER LES SIGNAUX SONAR des chauves-souris en émettant de nombreux clics parasites. Les deux spectrogrammes ci-dessus ont été enregistrés lors d'attaques d'une chauve-souris du genre *Myotis* sur un papillon de nuit entravé. Quand la proie n'émet pas de clics (en haut, cas d'un papillon de la famille des *Noctuidae*), la chauve-souris l'attrape. En revanche, quand le papillon émet des clics (en jaune et rouge sur le spectrogramme du bas, obtenu avec un papillon de l'espèce *Bertholdia trigona*), le prédateur manque sa cible.

Alan Gershenfeld

Apprendre grâce aux JEUX VIDÉO

**Les jeux vidéo pourraient
transformer l'enseignement.
Divers jeux éducatifs commencent
déjà à apparaître...**

En 1993, quand j'ai démarré ma carrière dans les jeux vidéo, le plus célèbre d'entre eux était *Mortal Kombat*. Deux joueurs s'y affrontaient jusqu'à ce que l'un d'eux soit étourdi, puis son adversaire lui donnait le coup de grâce. Chaque personnage avait sa méthode: le dénommé Sub-Zero, par exemple, arrachait la tête de son adversaire, avant d'extirper la moelle épinière du corps encore debout. Les parents et les politiciens étaient horrifiés, et un organisme a été créé pour classer les jeux vidéo en fonction de l'âge avec lequel ils sont compatibles.

Nombre de gens pensaient que les jeux vidéo étaient au mieux frivoles, au pire dangereux. Pourtant, ils sont variés et comprennent des jeux d'aventure, de stratégie ou de simulation (qui permettent par exemple de gérer une ville ou d'endosser divers rôles). Ces jeux consistent à explorer,

évaluer, choisir, décider, résoudre. Ainsi, *Spycraft*, un jeu que nous avons développé avec William Colby, ancien directeur de la CIA, et Olga Kalugin, ancien général au KGB, confrontait les joueurs avec des choix éthiques et moraux inspirés d'événements réels de la guerre froide. Dans le jeu *Civilisation : Appel au Pouvoir*, les joueurs devaient prendre des décisions complexes pour construire et conserver un empire en conciliant les progrès culturels, diplomatiques, militaires et scientifiques.

Bien que ces jeux aient eu de nombreux adeptes, leur notoriété était loin de celle des grands jeux d'action. Jusqu'au milieu des années 1990, le public associait les jeux vidéo avec ceux dits de tir en vue subjective, où les joueurs voient l'action du point de vue des personnages; surarmés, ces derniers s'affrontent à mort dans

des environnements tridimensionnels. Après le massacre du lycée américain de Columbine en 1999, on a découvert que les tireurs adoraient les jeux de ce genre, ce qui a conduit encore une fois au déniement des jeux vidéo.

Aujourd'hui, les divergences sont plus prononcées que jamais. D'un côté, des conférences, des articles et des livres à succès renforcent l'idée que les jeux et la « ludification » (l'intégration de principes de jeux à des méthodes de résolution de problèmes réels) peuvent sauver la planète. D'un autre côté, les parents cherchent à limiter le temps que leurs enfants consacrent aux activités numériques – environ huit heures par jour en moyenne aux États-Unis – et s'inquiètent de les voir massacrer des humains virtuels à l'artillerie lourde pendant des heures.



L'ESSENTIEL

■ Les jeux vidéo ont un fort potentiel éducatif et permettent d'exercer certaines capacités, telles que le raisonnement et la collaboration.

■ Ce potentiel reste à développer. Les industriels doivent s'associer aux éducateurs et aux chercheurs pour concevoir des jeux attrayants en limitant leurs éventuelles influences négatives.



1. LES BLOCS de construction du jeu *qCraft* sont dotés de certaines propriétés étranges, calquées sur celles de la physique quantique.



© qCraft.org

Pourtant, les jeux vidéo ont un potentiel énorme pour aider à affronter les enjeux éducatifs du XXI^e siècle. L'entreprise que j'ai fondée avec Michael Angst, *E-Line Media*, cherche la façon la plus efficace de les utiliser dans cet objectif, en collaboration avec de multiples organismes, tels que la Fondation américaine pour la science, l'Institution Smithsonian, la fondation Bill & Melinda Gates, *Intel*, *Google*, l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), l'Université de l'Arizona... De nombreux travaux de recherche et développement seront nécessaires.

Dans dix ans, les élèves de CE2 d'aujourd'hui sortiront du lycée dans un monde peuplé de huit milliards d'humains. Ils seront confrontés au changement climatique, à la rareté de l'eau, à l'urbanisation et à d'autres défis. Ils devront être scientifiquement instruits et socialement experts. Il leur faudra comprendre des systèmes complexes, penser de façon critique, proposer des solutions fondées sur des preuves (parfois incomplètes et contradictoires) et se montrer persévérants.

Trop d'abandons à l'école

Trop souvent, ces capacités sont peu développées par le système éducatif et les enfants perdent leur curiosité naturelle. Toutes les neuf secondes, un élève américain abandonne l'école. On estime que cela coûtera dans la prochaine décennie quelque 3000 milliards de dollars (2215 milliards d'euros) en pertes de salaires, de productivité et d'impôts. En outre, 46 pour cent des élèves du collège n'obtiennent aucun diplôme en six ans.

Pour nombre d'enfants, l'éducation traditionnelle n'est donc ni pertinente ni

L'AUTEUR



Alan GERSHENFELD est cofondateur et président de *E-Line Media*, un éditeur de jeux vidéo. Il est membre de la Fondation pour l'industrie au Centre sur les jeux et leur impact, à l'Université de l'Arizona (États-Unis).

attirante. Les jeux vidéo, en revanche, les captivent. Quelque 97 pour cent des adolescents américains y jouent régulièrement.

Même les jeux qui semblent inquiétants ont parfois des effets neuropsychologiques positifs. Daphné Bavelier, de l'Université de Genève, a montré que leur pratique régulière peut augmenter la plasticité du cerveau et la capacité d'apprentissage, améliorer la vision, optimiser la prise de décision fondée sur des perceptions, aiguïser la capacité de concentration et renforcer la faculté de faire tourner mentalement des objets.

Divers travaux commencent à montrer qu'un jeu bien conçu permet un apprentissage efficace. Ils arrivent à un moment où de nombreux efforts visent à améliorer l'éducation et où les tablettes et les ordinateurs portables se répandent dans les écoles, dont les enseignants n'ont, pour la plupart, pas une idée précise de la façon de les utiliser en classe.

Les jeux diffèrent des médias populaires en ce qu'ils sont interactifs et participatifs. Ils permettent aux joueurs d'endosser des rôles variés (scientifiques, aventuriers, politiciens), de se confronter à des problèmes en avançant à leur propre rythme et d'apprendre à faire face à l'échec dans un environnement sûr. Certains mobilisent la pensée critique, la créativité, la capacité à résoudre des problèmes et le travail d'équipe. Ils pourraient alors servir à repenser le programme scolaire.

La difficulté est qu'un grand fossé sépare le potentiel et la réalité. La plupart des projets d'apprentissage par le jeu peinent à dépasser le stade de la recherche. Pour combler le



© Institut du jeu



© E-Line Media

2. DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE QUEST TO LEARN [La quête d'apprendre, en français], à New York, jouent à *Gamestar Mechanic*, qui les initie à la conception de jeux. Par cette activité créative, ils s'exercent à de nombreuses compétences figurant au programme du tronc commun.