

CARTE
BLANCHERésoudre les
équations, est-ce
les comprendre ?

Par ÉTIENNE GHYS

Téléchargez l'application gratuite Photomath sur votre téléphone. Écrivez une équation de votre choix sur une feuille de papier et présentez-la devant l'écran. Comme par magie, la caméra lit l'équation et donne instantanément la ou les solutions. On peut écrire à peu près n'importe quelle équation, disons au programme du lycée. Faut-il se lamenter ou se féliciter ? Est-ce un appel à la tricherie destiné aux collégiens et lycéens, ou au contraire une aide précieuse qui évite les calculs fastidieux et inutiles ?

Quoi qu'il en soit, ces outils existent, les élèves le savent, et les enseignants vont devoir en tenir compte, peut-être en adaptant la forme des exercices qu'ils proposent. Lorsque j'étais étudiant, je manipulais une règle à calcul, puis les calculettes sont devenues bon marché, et j'utilise maintenant des logiciels de calcul formel dont la puissance m'émerveille chaque jour. Les mathématiciens savent bien que le but de leur discipline ne consiste pas seulement à résoudre des équations mais surtout à les comprendre. Ce n'est pas notre téléphone qui va nous y aider mais bien l'enseignant.

Une équation est une égalité entre deux expressions qui contiennent des quantités inconnues, que l'on désigne souvent par les lettres x ou y . Résoudre l'équation, c'est trouver des valeurs aux inconnues de façon à ce que l'égalité soit satisfaite. Par exemple, si je cherche un nombre x dont le carré est égal à 2 et si je montre $x^2 = 2$ à mon téléphone, il m'indique qu'il y a deux solutions : plus ou moins la racine carrée de 2. Certes ! Mais il s'agit là d'une tautologie sans intérêt puisque la racine carrée de 2 est par définition un nombre dont le carré est égal à 2 : le téléphone ne m'a rien appris.

Une histoire pittoresque

L'histoire des équations est très ancienne et parfois pittoresque. On sait résoudre les équations du premier et du deuxième degré depuis l'Antiquité et cela fait (encore) partie des programmes scolaires. Il a fallu attendre la Renaissance pour qu'on résolve les équations du troisième et du quatrième degré (pour lesquelles mon téléphone se déclare lamentablement incompetent). Cette découverte, par plusieurs mathématiciens italiens, a été l'occasion de luttes, de vols et de mensonges : on s'est battu pour des équations du troisième degré !

Mais c'est surtout Evariste Galois – héros romantique des mathématiques, mort en duel en 1832 à l'âge de 20 ans – qui a révolutionné notre façon de penser aux équations. On résume souvent à tort sa contribution au fait qu'il est impossible de résoudre les équations de degrés cinq ou plus en n'utilisant que les quatre opérations et les racines carrées, cubiques, etc. C'est intéressant mais on dispose de bien d'autres méthodes de résolution et on ne peut résumer sa théorie à cet énoncé négatif. L'invention par Galois du concept de groupe de symétries associé à une équation sera d'une fécondité incroyable dans toutes les mathématiques. Là encore, il s'agit bien plus de comprendre les équations que de les résoudre.

Pour en savoir plus, il suffit d'assister à la journée de lancement de l'Association des amis d'Evariste Galois (Evaristegalois.org) le 8 juin prochain à l'École normale supérieure de Paris. Il y aura une projection de film et des conférences aux titres alléchants, comme « A la recherche des racines perdues » ou « Non, Galois n'est pas mort car il bouge encore... ». On y parlera probablement aussi d'une énigme : qui était « l'infâme coquette » pour laquelle Galois s'est battu en duel et dont le nom est raturé sur une lettre écrite la veille de sa mort ? Le manuscrit, conservé à la bibliothèque de l'Institut de France, sera peut-être bientôt soumis à une « analyse de fréquence » qui pourrait révéler ses secrets. ■

Étienne Ghys

Mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon
etienne.ghys@ens-lyon.frArrêt cardiaque : on peut sauver chaque année
5 000 vies supplémentaires en France

TRIBUNE - Le service du « Bon Samaritain », qui permet de solliciter à tout moment un citoyen formé aux gestes de premiers secours, doit être étendu à tout le territoire, expliquent deux spécialistes

Chaque année, 50 000 Français sont victimes d'un arrêt cardiaque inopiné, encore appelé mort subite. Neuf sur dix en meurent. Douze fois plus que le nombre de morts sur la route. Il y a dix ans déjà, comme anesthésiste-réanimateur et urgentiste, nous appelions, dans ce même journal, à la mise en place d'un véritable « Plan arrêt cardiaque ». Il recommandait l'installation massive de défibrillateurs dans les lieux publics, ainsi que la simplification de leur utilisation par le premier témoin, même non qualifié. Une vaste campagne de sensibilisation et de formation aux gestes qui sauvent était suggérée. Tout cela s'est en grande partie réalisé (notamment grâce au décret Xavier Bertrand et Philippe Bas en 2007) et s'est avéré efficace et utile, puisque la survie, à l'époque de 5%, est passée à près de 10%, un doublement heureux, mais insuffisant.

Il ne faut pas en rester là, mais comprendre que tout est désormais en place pour passer à l'étape suivante : celle de doubler dans les cinq prochaines années le taux de survie de la mort subite en France. Le but est de sauver 5 000 vies supplémentaires par an, et tout sans dépenser un euro de plus. C'est possible grâce à la technique dite du « Bon Samaritain ».

Un bon samaritain est un citoyen, sensibilisé et formé aux gestes de premiers secours, qui accepte de s'inscrire sur un site ou une application mobile. Grâce à cette application, il est géolocalisé et sollicité à tout moment par les services de secours (pompiers et SAMU) pour prodiguer à la victime d'une mort

subite les gestes qui sauvent dans l'attente de l'arrivée des secours médicalisés. Epaulé par téléphone, il commence alors un massage cardiaque, utilise un défibrillateur éventuellement apporté par un autre bon samaritain se trouvant dans le secteur.

Un bon samaritain n'est pas nécessairement un professionnel de santé, mais il a reçu, par exemple dans son entreprise ou auprès d'une ONG ou d'une association agréée pour la formation aux premiers secours, la formation minimale lui permettant d'avoir au bon moment le geste simple qui sauve. Ces volontaires sont une partie de la chaîne de survie, son maillon le plus faible en termes de connaissance médicale, mais son maillon certainement le plus déterminant, car c'est celui qui va permettre la prise en charge la plus précoce.

En effet, en France, les secours mettent en moyenne quinze minutes pour arriver sur les lieux de l'intervention, et encore, c'est une moyenne. Le bon samaritain peut mettre cinq minutes, voire beaucoup moins. Or, 80% des victimes de mort subite sauvées ont été réanimées dans les cinq premières minutes, et chaque minute qui passe sans action (massage cardiaque, défibrillation) s'accompagne d'une perte de chance de survie de 10%.

Plus de 40 000 volontaires se sont déjà déclarés en France, sur deux applications au moins. A titre d'exemple, l'application Staying Alive créée en 2011 recense plus de 60 000 défibrillateurs en France, et intègre le Bon Samaritain depuis fin 2016. Le service est désormais déployé dans douze départe-

**CHAQUE MINUTE
QUI PASSE
SANS ACTION
SUR LES VICTIMES
DE MORT SUBITE
S'ACCOMPAGNE D'UNE
PERTE DE CHANCE
DE SURVIE DE 10%**

ments français. Il a permis de sauver plusieurs victimes d'arrêt cardiaque grâce à la réalisation d'un massage cardiaque précoce et à l'utilisation d'un défibrillateur avant l'arrivée des secours. En région parisienne, l'utilisation du service a également permis de multiplier par cinq le taux d'utilisation des défibrillateurs publics en un an par les premiers témoins. Fort de son succès en France, le Bon Samaritain s'exporte désormais à l'international.

Comment étendre efficacement la formule à tout le territoire ? D'abord, en évitant la multiplication des applications. Un effort collectif est évidemment souhaitable. Cette multiplication risque de reproduire des effets de confusion auprès de la population, comme c'est déjà le cas avec les numéros d'appels multiples 15, 17, 18 et 112. M^{me} Agnès Buzyn, ministre de la santé, vient d'ailleurs d'indiquer sa volonté de simplification et d'optimisation des dispositifs d'appel autour d'une plateforme unique. Le législateur doit ensuite participer à la mise en place du « système du

Bon Samaritain », en précisant le cadre juridique relatif à cette nouvelle situation. Deux aspects sont en particulier à prendre en compte : l'exclusion du risque de non-assistance à personne en danger et le statut de collaborateur occasionnel du service public.

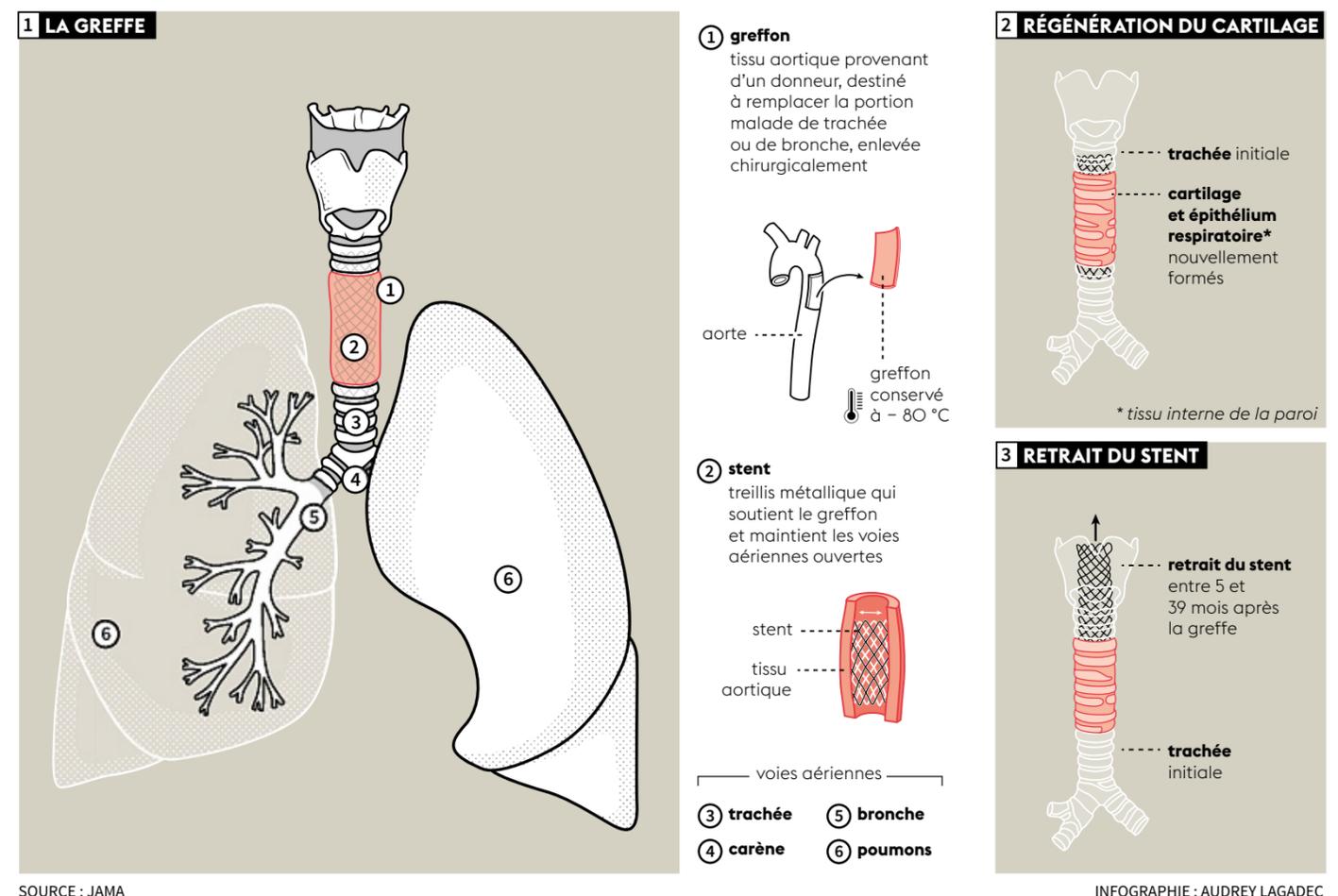
Il convient de renforcer les efforts d'information puis de formation des bons samaritains. A ce titre, les outils numériques, que nous avons déjà testés dans les lycées, via les concepts de *Serious Games* (« jeux sérieux ») dans notre laboratoire universitaire, sont un moyen efficace et efficient de former plus et plus vite de bons samaritains. Enfin, le traitement des données issues de ces applications (big data) est essentiel. Il permettra d'augmenter les connaissances sur la localisation et les circonstances de prise en charge des victimes, et surtout de mesurer précisément et en temps quasi réel les résultats de cette nouvelle politique au niveau national.

Equiper gratuitement, avant la fin de l'année, tous les SAMU et tous les SDIS (service départemental incendie et secours) de « l'application » permettant de géolocaliser et solliciter les bons samaritains est possible. Ce sont 5 000 vies par an qui sont en jeu. Pourquoi attendre ? ■

Professeur Alexandre Mignon, anesthésiste-réanimateur, directeur d'iLumens (ilumens.org) ; docteur Paul Dardel, président du Fonds de dotation du Bon Samaritain (Bon-samaritain.org)

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

SUCCÈS FRANÇAIS DANS LES GREFFES DE TRACHÉE



Reconstruire une trachée ou une bronche, à partir de tissu aortique, pour des patients avec une tumeur des poumons ou une lésion des voies aériennes inopérable par les techniques classiques. C'est ce qu'a réussi l'équipe du

chirurgien Emmanuel Martinod (hôpital Avicenne, Bobigny, AP-HP), qui a ainsi traité 13 malades depuis 2009. Les résultats préliminaires de l'étude, présentés dans un congrès aux Etats-Unis, ont été publiés en ligne dans le

Journal of the American Medical Association du 20 mai. Avec un recul moyen de près de quatre ans, 10 des 13 patients greffés sont en vie, et 80% d'entre eux respirent normalement. Les succès de ces biogreffes sont

d'autant plus bienvenus que le domaine des greffes de trachée a été entaché ces dernières années par les fraudes mortelles d'un chirurgien italien, Paolo Macchiarini. ■