

# Robots roulants pour l'éducation

LOÏC JOSSE \*

**Avec les progrès de l'informatique et son intégration dans les programmes du collège, les constructeurs de matériels pédagogiques ne cessent de proposer toutes sortes de robots programmables. Mais comment faire un choix pertinent ?**

Le mot « robot » apparaît en 1920 sous la plume de l'écrivain tchèque Karel Čapek, dans l'une de ses pièces de théâtre (R. U. R. [Rossum's Universal Robots] **1**, pour dénommer un androïde construit par un savant et capable d'accomplir tous les travaux normalement exécutés par un humain. Mais la personne qui en est à l'origine est son frère, Josef. « Robot » est dérivé de *robot*, un terme slave qui désigne le travail, voire le servage.

On définit aujourd'hui un robot comme un « appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe, modifiable ou adaptable » (définition Larousse).

Notre « robot roulant » serait alors un système de manipulation programmable capable de se déplacer en toute autonomie pour aller d'un point à un autre. Il devra donc être équipé au minimum de deux actionneurs (deux roues motrices ou une roue motrice et une commande de direction) et de capteurs afin qu'il puisse suivre un mur, une ligne, une lumière, un motif, etc. Il pourra être commandé à distance en utilisant diverses technologies, comme le Wifi ou le Bluetooth. Le robot pourrait être équipé afin d'effectuer des tâches subsidiaires comme ramasser des objets, tirer sur une cible, etc.

L'un des meilleurs exemples est sans nul doute le robot « Curiosity » **2** de la Nasa – et avant lui « Sojourner » –, envoyé sur Mars pour explorer la planète rouge.

Les robots roulants sont généralement assez simples à mettre en œuvre, robustes, d'une grande stabilité et facilement contrôlables. Lorsque le terrain devient difficile, on remplace les roues par des chenilles.

Du robot ménager au robot industriel, de l'exosquelette au robot humanoïde ou du simple robot de loisir au robot d'aide à la personne, la liste évolue constamment. De nombreux domaines sont concernés : les transports, bien sûr, mais aussi l'espace, le

## MOTS-CLÉS

lycée, collège, pré bac, programmation, robot

médical, l'armée, le génie civil et agricole, les loisirs, l'assistance ou encore l'éducation.

Dans quels contextes côtoierons-nous des robots roulants dans l'avenir ? Nous proposons une série, non exhaustive, d'exemples d'applications à plus ou moins long terme.

## La voiture sans chauffeur

Cela fait déjà plusieurs années que les constructeurs automobiles rivalisent d'innovations pour automatiser les véhicules, mais c'est Google qui présenta en 2015 le premier prototype de voiture sans conducteur **3**. Bardée de caméras et de radars, elle cartographie l'environnement et détecte la présence d'autres voitures, de piétons, d'obstacles, ainsi que la couleur des feux, les lignes blanches au sol ou les panneaux de signalisation. Elle possède une forme d'intelligence artificielle, le *machine learning*, une capacité à apprendre et à effectuer des tâches toute seule, comme corriger sa trajectoire en fonction d'une situation déjà rencontrée.

Les sociétés Tesla, PSA, Mercedes et Infiniti proposèrent, la même année, un système de pilotage automatique, avec un chauffeur devant rester dans la voiture, prêt à reprendre le contrôle. En effet, jusqu'à présent, la convention de Vienne, qui régit la circulation routière dans le monde, précisait que « tout conducteur doit constamment avoir le contrôle de son véhicule ». Mais la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (Unec) a révisé ce texte le 23 mars 2016 : « Les systèmes de conduite automatisée seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations unies sur les véhicules ou qu'ils puissent être contrôlés, voire désactivés, par le conducteur ». Aux États-Unis, les autorités fédérales se disent prêtes à considérer les logiciels d'intelligence artificielle comme des conducteurs à part entière.

La réglementation en place ne permet malheureusement pas le déploiement des voitures autonomes aussi simplement. On peut imaginer qu'une fois les routes débarrassées des véhicules sans intelligence artificielle il n'y aura plus d'accidents. En revanche, nous pourrions être confrontés à de nouveaux problèmes, comme celui de hackers pouvant mettre en danger la sécurité des personnes ou l'intégrité du véhicule.



**1** Affiche de la pièce de Karel Čapek vers 1936-1939, illustrée par Charles Verschuuren

Droits réservés. Photos: Library of Congress, Prints & Photographs Division, Washington, DC 20540.

Imaginons une ville futuriste dans laquelle chacun pourrait commander un véhicule sans chauffeur pour se déplacer. Les véhicules seraient la propriété de la ville et n'attiseraient plus les convoitises. Les risques d'accident seraient considérablement diminués. Des pistes seraient créées pour ceux qui ne peuvent résister au plaisir de la conduite. « En 2050, les voitures autonomes représenteront presque 100 % de la flotte mondiale », prévoit Egil Juliussen, du cabinet IHS Automotive.

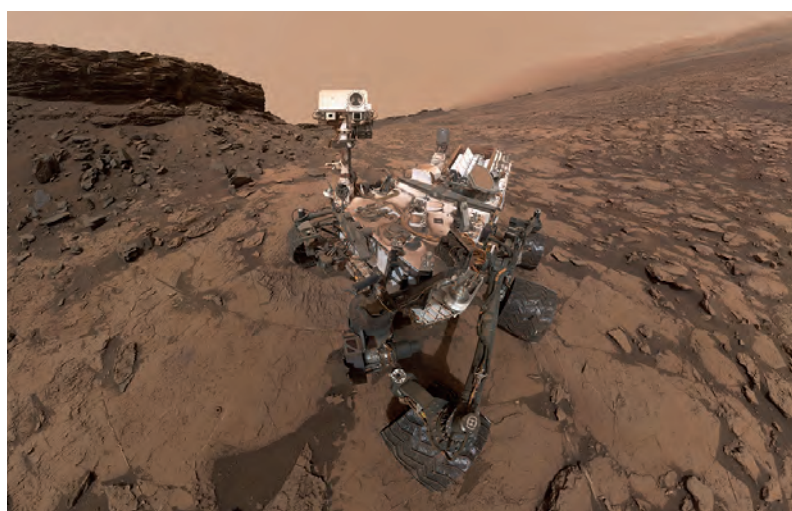
### La voiture volante

Depuis le film *Fantomas* de 1964 présentant une Citroën DS volante, la génération des années 1970 et les suivantes rêvent de pouvoir passer du bitume aux nuages. Ce rêve est devenu réalité grâce à la société Pal-V, basée aux Pays-Bas, qui vient d'annoncer la commercialisation des premiers engins à hélices pour 2018, et à la société slovaque AeroMobil qui a mis au point un engin à ailes repliables **4**. Malheureusement, le prix d'achat sera un frein pour les petites bourses : comptez 200 k€ minimum. De plus, le pilote devra avoir à la fois sa licence de vol et son permis de conduire.

### Le robot livreur

Un étudiant israélien a inventé le Transwheel, un robot qui se déplace sur une seule roue. Il sera doté d'un GPS et d'un système de reconnaissance faciale pour confirmer l'identité du client destinataire. Ce robot peut aussi s'associer à d'autres pour transporter des charges plus volumineuses **5**. Le projet est dans l'attente d'un investissement par un acteur industriel.

Dans une autre catégorie, le projet Starship est un petit robot de livraison à six roues qui emprunte les trottoirs pour se déplacer **6**. Il utilise de nombreux capteurs et caméras qui lui permettent de s'adapter à la vitesse des piétons et des cyclistes. Citons aussi le robot livreur de pizzas du groupe australien Domino, déjà testé sur les routes en Australie. Tous ces robots devront attendre que les pouvoirs publics légifèrent avant d'arpenter nos routes et nos trottoirs.



























**2** Curiosity Mars Rover, 17 septembre 2016




**3** Google car



**4** Voitures volantes

| Robot   | Interface de programmation                                    | Liaison  | Capteur  | Actionneur  | Prix (€) |       |       |
|---|---|--|--|---|----------|-------|-------|
|   |   |  |  |   | < 100    | < 250 | < 500 |
| <br>Rooby<br><small>© Technologie Services</small>   | Rooby Pilot, Scratch  |   | Suiveur de ligne, contacts, photorésistance  | Servomoteurs, moteur DC, LED, buzzer                                  | X        |       |       |
| <br>UnoEvo<br><small>© Technologie Services</small>  | Scratch, Arduino, mblock, Ardublock, Blockly                  |   | Suiveur de ligne, contacts   | Servomoteurs, LED, buzzer   | X        |       |       |
| <br>Makeblock<br><small>© Makeblock</small>  | Arduino, mblock   | <br>     | Suiveur de ligne, proximité ultrason et infrarouge, lumière, son, couleur, flamme, angle, boussole, accéléromètre, gyroscope, gaz, température | Moteurs DC et pas à pas, servomoteurs, LED, afficheur, LCD, solénoïde | (X)      | X     | X     |
| <br>Codeybot<br><small>© Makeblock</small>   | mBlocky   |   | Gyroscope, commande vocale, micro  | Moteurs, écran, LED RVB, haut-parleurs, laser                         |          | X     |       |
| <br>Ozobot<br><small>© Ozobot</small>  | ozoBlockly  |   | Suiveur de ligne, détection de couleurs  | Moteurs, LED  | X        |       |       |
| <br>Thymio<br><small>© Mibaya</small>  | Scratch, Blockly, Aseba                                       |   | Suiveur de ligne, microphone, récepteur infrarouge, température, proximité, accéléromètre 3 axes, boutons capacitifs                           | Moteurs DC, haut-parleurs, LED RVB                                    |          | X     |       |
| <br>Lego® Mindstorms®<br><small>© LEGO® MINDSTORMS® EV3</small>  | EV3, Scratch  |   | Contact, lumière, couleur, gyroscope, proximité ultrason et infrarouge, micro  | Servomoteurs, haut-parleurs, écran                                    |          |       | X     |
| <br>GoPiGo<br><small>© GoPiGo from Dexter Technologies</small>   | Scratch, Python   |   | Suiveur de ligne, proximité, caméra, codeurs   | Servomoteurs, moteurs   |          | X     |       |
| <br>Formula AllCode<br><small>© Membre « Fabrication par la société Mirobot et distributeur en France sur Multipower (www.multipower.fr) »</small> | Flowcode, Scratch, Python, C#, C++, VB, Matlab, LabView, Java |   | Proximité infrarouge, accéléromètre 3 axes, gyroscope, lumière, suiveur de ligne, proximité, codeurs, micro                                    | Haut-parleurs, LED, écran, moteurs                                    |          | X     |       |
| <br>Sphero SPRK+<br><small>© Sphero</small>  | Canevas de bloc, Oval (C)                                     |   | Température, accéléromètre, gyroscope  | LED RVB, moteurs  |          | X     |       |
| <br>Moway<br><small>© Moway Robot</small>  | MowayGUI, Scratch, C, Assembleur, C#, Python, Arduino         | <br> | Température, lumière, accéléromètre, suiveur de ligne, proximité, codeurs, micro   | Haut-parleurs, LED, moteurs   |          | X     |       |

Bluetooth     Wifi     USB     Radiofréquence 

| Commentaire<br>Lien constructeur   | Public visé |         |       |     |
|--|-------------|---------|-------|-----|
|  | Cycle 3     | Cycle 4 | Lycée | Sup |
| Il permet de comprendre succinctement le fonctionnement d'un robot aspirateur ou lanceur de balle. L'interface Rooby se pilote à l'aide d'un logiciel graphique sous forme de puzzle (Rooby Pilot), par l'intermédiaire du port USB. Deux catégories de fonctions sont disponibles : actions, capteurs. Après téléchargement du programme, Rooby est totalement autonome.<br><a href="http://www.espace-rooby.fr/">www.espace-rooby.fr/</a>  |             | X       |       |     |
| Il comporte une base avec une multitude de trous pour permettre un repositionnement simple et rapide de toute la gamme des capteurs et actionneurs de la famille Grove. C'est une solution robotique complète et évolutive à base d'Arduino Uno.<br><a href="http://www.technologieservices.fr">www.technologieservices.fr</a>   |             | X       | X     |     |
| Cette famille de robots se monte à l'aide d'éléments en aluminium, ce qui en fait des modules solides et évolutifs. L'électronique embarquée est compatible Arduino, mais utilise des connecteurs RJ25 pour interconnecter les différents modules. L'élève peut donc donner libre cours à sa créativité, surtout en phase de projet.<br><a href="http://www.makeblock.com/">www.makeblock.com/</a>   |             | X       | X     | X   |
| Codeybot est un robot éducatif qui permet d'acquérir les bases de la programmation informatique grâce à un éventail de fonctionnalités interactives. On programme le robot graphiquement via une application sur tablette ou smartphone.<br><a href="http://www.codeybot.com/">www.codeybot.com/</a>   | X           | X       |       |     |
| Les lignes noires tracées sont suivies par Ozobot. Les séquences de couleur insérées dans la trajectoire appelées Ozocodes sont interprétées comme des codes de commande de trajectoire et de comportement. Voir l'article d'Olivier Innocenti ( <i>Technologie</i> n° 203).<br><a href="http://ozobot.com/">http://ozobot.com/</a>  | X           | X       |       |     |
| Thymio a été spécialement développé pour l'éducation en collaboration avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne, l'ETH zürich (École polytechnique fédérale de Zurich) et l'ECAL (École cantonale d'art de Lausanne) Il est entièrement open source. On peut lui associer des éléments Lego pour obtenir des fonctionnalités supplémentaires. Il est utilisable à tous les niveaux de formation. On peut le programmer par langage graphique ou par un jeu d'instructions similaire à celui de Pascal ou Matlab.<br><a href="http://www.thymio.org/fr/thymio">www.thymio.org/fr/thymio</a>                                   | X           | X       | X     | X   |
| L'ensemble de base Lego Mindstorms EV3 est un kit éducatif composé d'une brique intelligente programmable, de nombreux capteurs et servomoteurs ainsi que d'un corps en briques et des éléments Lego Technic. La programmation s'effectue en langage graphique, mais on peut trouver sur le net des outils pour programmer la brique en langage syntaxique.<br><a href="http://www.lego.com/fr-fr/mindstorms">www.lego.com/fr-fr/mindstorms</a>  |             | X       | X     |     |
| Piloté par une carte Raspberry pi, ce robot est modulable puisque tous les ports de la carte sont accessibles.<br><a href="http://www.dexterindustries.com/gopigo/">www.dexterindustries.com/gopigo/</a>   |             | X       | X     | X   |
| Minirobot programmable via bluetooth par plusieurs types de langages. Il est alimenté par une batterie rechargeable à l'aide d'un câble USB. Il possède un connecteur d'extension ainsi qu'un connecteur pour quatre servomoteurs.<br><a href="https://www.matrixsl.com/formula-allcode/">https://www.matrixsl.com/formula-allcode/</a>  |             |         | X     | X   |
| Ce robot sphérique se programme essentiellement en Canevas de bloc (sorte de Scratch) ou en code Oval qui est un sous-ensemble du langage C. Ceci via une application gratuite sous Android 4.4+, IOS 8+ et Kindle fire OS 5.0+. Il se recharge sur un berceau par induction, la sphère est complètement étanche et va dans l'eau. Le berceau et le robot sont en polycarbonate transparent, donc on voit la totalité des composants. Le robot peut atteindre la vitesse maximale de 7,7 km/h.<br><a href="http://www.sphero.com/sprk-plus">www.sphero.com/sprk-plus</a>   | X           | X       |       |     |
| Petit robot éducatif pour l'apprentissage de la programmation. Il se décline en deux versions, l'une « moway » à base de microcontrôleur PIC 18F86J50 et l'autre « mowayduino » basée sur un microcontrôleur ATmega 32u4. On peut donc utiliser plusieurs types de langages qui vont de l'algorithme au jeu d'instructions en passant par les blocs. Sa batterie LiPo lui confère une autonomie de deux heures environ. Pour les extensions, on peut ajouter une liaison Wifi, une caméra ou encore une platine d'essais pour communiquer via un bus I2C ou SPI.<br><a href="http://www.moway-robot.com/">www.moway-robot.com/</a> | X           | X       | X     | X   |



5 Le Transwheel



6 Le projet Starship

### POUR EN SAVOIR PLUS

Didier Le Pape, « Sojourner, un robot explorateur », *Technologie*, n° 162, mai-juin, 2009, p. 40-45.

David Raviart, « Projet en 3<sup>e</sup>, des robots passés en revue », *Technologie*, n° 188, novembre-décembre, 2013, p. 72-75.

Olivier Innocenti, « Ozobot, en route pour l'initiation à la programmation », *Technologie*, n° 203, mai-juin, 2016, p. 48-51.

### Un robot d'intervention et d'assistance

Pour aider les pompiers à lutter contre les incendies de forêt, de parkings souterrains, la société française Shark Robotics a fabriqué le Colossus, un robot à chenilles qui peut embarquer une charge utile de 500 kg et tirer 200 mètres de tuyaux chargés d'eau (équivalent à une charge de 2 tonnes). Équipé d'un canon à eau motorisé, il est pilotable à distance et peut se mouvoir en milieu hostile (température élevée ou présence de gaz toxiques) 7.

### Tableau de synthèse pour l'éducation

Enfin, nous vous proposons (double page précédente) une présentation synthétique et non exhaustive des robots roulants les plus populaires utilisés dans l'Éducation nationale. Tous ont une particularité commune : ils avancent et se dirigent grâce à deux roues (ou chenilles) motrices pilotées de façon indépendante. L'équilibre au sol est réalisé par un troisième point d'appui (une roue « folle » ou un patin glisseur) ou par autoéquilibrage gyroscopique. Ce tableau a été réalisé avec la collaboration des membres du groupe codage de l'académie de Bordeaux (voir « En ligne »). ■



7 Robot pompier Colossus

### EN LIGNE

Voitures autonomes :

<https://waymo.com/>

Voitures volantes :

[www.pal-v.com](http://www.pal-v.com)

[www.aeromobil.com](http://www.aeromobil.com)

Robots livreurs :

<https://www.starship.xyz/>

<http://kobishikar.wixsite.com/jaykob-shikar/transwheel>

Le robot Colossus :

<http://sharkrobotics.fr/>

Groupe de codage de l'académie de Bordeaux :

<http://sti.ac-bordeaux.fr/techno/scratch/index.html>

Tous les liens sur <http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie>