



L'HOMME ASSISTE

Quelques repères pour visiter les expositions

De tout temps, l'Homme a tenté de concevoir des machines capables de présenter des capacités ressemblant au vivant....

De tout temps, l'Homme a tenté de concevoir des machines capables de présenter des capacités ressemblant au vivant.

De la santé à l'éducation, de l'usine à la domotique, de la protection civile à la défense, les machines accomplissent un nombre de tâches croissant. Elles prennent pour ce faire les formes les plus diverses et reproduisent parfois la forme humaine.

On les appelait autrefois automates, aujourd'hui robots, cobots, drones. Que sont-ils ?

Quand est apparu le premier robot ? Quand est apparu le premier drone ? Quelles ont été les grandes étapes de l'histoire de ces machines ? Voici rassemblés dans cette chronologie quelques éléments de réponse et quelques-uns de ces événements. Il serait hasardeux de penser que cette liste est exhaustive et de nombreuses autres merveilles de technologie mériteraient d'être mentionnées. En particulier, de très nombreuses machines de plus en plus sophistiquées ont été développées ces dernières années et il est bien sûr impossible de toutes les mentionner !

Les premiers mécanismes.

Apparue vers 3500 av. J-C. **la roue est** considérée comme **le premier ouvrage technique significatif** de l'histoire de l'humanité, que ce soit pour l'irrigation, les moulins, les tours de potiers ou pour le transport.

Les **clepsydres (horloges à eau)** furent probablement inventées vers le milieu du 2^{ème} millénaire av. J-C. en Egypte. De simples bols percés dont l'écoulement régulier permettait une mesure rudimentaire du temps, elles furent perfectionnées en Grèce quelques siècles avant Jésus Christ, avant que ne soient constituées de véritables horloges à eau sophistiquées sous les civilisations chinoises et arabes vers la fin du premier millénaire (ap. J-C).

Auparavant, **Archytas de Tarente (IVème siècle av. J-C.) aurait réalisé le premier drone de l'histoire de l'humanité**, bien avant les premières horloges et automates dont nous avons des traces physiques : **un pigeon de bois capable de voler**, propulsé par de la vapeur. Aucun vestige, ou représentation fidèle de ce mécanisme n'existe toutefois.

L'éolipyle est sans doute la première machine à vapeur et à réaction conçue par Héron d'Alexandrie (1^{er} siècle ap. J.-C.). C'est une chaudière hermétique sphérique pouvant tourner autour d'un axe horizontal, remplie en partie d'eau et placée sur le feu. De cette sphère, deux tubes perpendiculaires à l'axe de rotation et diamétralement opposés laissent sortir la vapeur qui propulse la sphère autour de son axe horizontal. Utilisé principalement comme attraction pour le divertissement, ce principe simple aurait servi pour l'ouverture et la fermeture des portes de certains temples.

C'est dans la forge de l'Abbaye Cistercienne de Fontenay (Bourgogne), que fut conçu au 13^{ème} siècle le **premier martinet hydraulique** destiné à battre le fer dont le minerai était extrait de la colline dominant le monastère. Le marteau est mis en mouvement par des cames portées par un arbre d'axe horizontal entraîné par une roue hydraulique verticale.

Les automates.

Au premier siècle, Héron d'Alexandrie a conçu des mécanismes pour le théâtre à base de poids et contrepoids mettant en mouvement une série de plates-formes et de petits personnages. Son Traité des automates le désigne comme l'un des premiers à avoir animé des personnages.

Mais c'est l'horlogerie qui est le berceau des premiers automates dont nous avons la trace ; le plus ancien conservé est le **coq automate des Trois Rois de l'horloge astronomique de la cathédrale Notre-Dame de Strasbourg** (milieu du 14^{ème} siècle).

Le premier automate humanoïde est probablement dû à **Léonard De Vinci, qui présenta en 1495 un chevalier en armure capable de s'asseoir, relever sa visière et bouger ses bras**. Après avoir découvert ses notes et schémas en 1950, une réplique fonctionnelle fut construite et exposée au musée de Berlin. Léonard de Vinci aurait aussi construit **un automate de lion**, présenté à la cour de François 1^{er} en 1515.

Un des automates les plus surprenants est certainement **le canard « digérateur » de Jacques de Vaucanson** (1744). Capable de boire, manger, cancaner et digérer (et même déféquer, paraît-il) comme un véritable animal, il fut malheureusement détruit dans un incendie au milieu du XIXème siècle et il n'en reste que des photographies. Vaucanson, mécanicien et

inventeur de génie, perfectionna aussi les métiers à tisser dont Jean Marie Jacquard s'inspirera pour créer **ses célèbres métiers Jacquard** dès 1801. Jacquard eut l'idée de réunir plusieurs techniques dues à :

- Basil Bouchon, qui adapta le concept des mécanismes d'horlogerie utilisés dans les boîtes à musique à la tâche répétitive du tissage grâce à des rubans perforés, (1728) ;
- Jean Baptiste Falcon qui remplaça les rubans par des cartes perforées (1728);
- Jacques de Vaucanson qui automatisa les métiers par des cylindres analogues à ceux de ses automates (1745 – 1755).

C'est en Suisse, à la Chaux de Fonds, que s'établit l'entreprise horlogère de la famille Jacquet Droz (aujourd'hui propriété de Swatch Group). Les Jacquet Droz ne se contentèrent pas de produire des horloges et des montres de qualité, ils réalisèrent des automates humanoïdes : **la musicienne, l'écrivain et le dessinateur** (1768 – 1774). Ces trois automates maintenus ensemble dès leur création, fonctionnent encore aujourd'hui au Musée d'Art et d'Histoire de Neuchâtel, malgré les nombreux voyages auxquels ils ont été soumis et les passages de mains en mains des propriétaires successifs.

Les automates étaient des attractions populaires : l'automate parlant **Euphonia d'Eugène Faber** était supposé dialoguer avec les spectateurs ; ils engendrèrent des canulars, comme semble-t-il **le joueur d'échec de Von-Kempelen**, dont les mouvements auraient été animés par un nain caché dans la machine.

Les automates programmables.

Combinant les progrès de la mécanique, de l'électronique, l'informatique, la programmation des automates s'est développée dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Très courant dans l'industrie (agroalimentaire, emballage, embouteillage, soudure, usinage...), les Automates Programmables Industriel (API) sont apparus aux Etats Unis vers 1969, ou ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de montages. Ils agissent selon une séquence linéaire d'instructions, constituant un PROGRAMME. Leur cadre d'action est très délimité. Ils ne disposent d'aucune latitude d'adaptation à des situations variées. Pour changer l'action, il faut introduire un nouveau programme, et régler à nouveau l'environnement mécanique.

Les véhicules et autres objets commandés à distance.

C'est au tournant du 20^{ème} siècle que l'idée de commander à distance des objets se développa. Tesla conçut et réalisa un prototype de bateau radio commandé qu'il surnomma « **teleautomaton** » (1898). Lors d'une foire dédiée à l'électricité au Madison Square Garden de New York, il en fit la démonstration. L'appareil fit sensation, mais certains considèrent que l'engin devait être mû par un singe savant caché à l'intérieur du bateau. En avance sur son temps, ce dispositif d'application militaire, qui aurait permis de radioguider une torpille, par exemple, n'est pas retenu par l'armée américaine. M. Cheney et R. Uth rapportent dans leur ouvrage « Tesla : Master of Lightning », (Barnes & Noble Publishing, 1999) : « Je me souviens que lorsque j'ai alors appelé un officiel à Washington avec à l'esprit d'offrir l'invention au Gouvernement, il a explosé de rire à l'énoncé de ce que j'avais accompli ».

Les animats.

Les animaux artificiels font l'objet de développement particulier dont l'objectif est de copier les mécanismes du vivant. Le terme « **animat** » ne fut défini qu'en 1985 par S.W. Wilson, mais les machines inspirées des animaux ont de tous temps stimulé les chercheurs.

Ainsi, bien après le pigeon volant d'Archytas de Tarente, le **chien électrique de Hammond et Miessner** (1915) tout comme **Philidog, le chien de Henri Piraux** (1928) se guident à la lumière.

Bien plus récemment (1990-2001), **Brachiator**, reproduisait la brachiation du Gibbon se déplaçant de branche en branche.

Le **robot serpent de Miller** (1994-2005) est capable de s'insinuer dans les milieux difficiles et hostiles (tremblements de terre,...). Ce type de robot est aussi développé en exploration sous-marine en particulier pour les plateformes pétrolières.

Les drones.

Durant la première guerre mondiale furent conçus les premiers avions sans pilote précurseurs de nos drones.

Dès 1890, **Octave Détable**, rejoint plus tard par son fils Pierre, posait le principe initial de l'avion sans pilote. L'essai en fut fait avec un planeur de 19 m², en 1897. En 1912, le lieutenant **Max Boucher** s'intéressa vivement à la découverte des Détable. La guerre interrompit les premiers essais entrepris sans succès en 1914 avec un petit avion équipé d'un moteur de 30

CV, le capitaine Boucher, ainsi que le fils de Pierre Détable, ayant été mobilisés. Mais une avancée aussi importante ne pouvait rester méconnue et inexploitée. Le capitaine Boucher reprit les expériences le 2 Juillet 1917 à Avord sur un **avion Voisin** disposant d'un moteur plus puissant. En 1918, l'avion s'éleva et vola 180 km.

Conçu en 1916 par le Capitaine A. Law , le « **Raf Aerial Target** » était un aéroplane sans pilote, radio-contrôlé. Dédié à la défense contre les Zeppelins il pouvait aussi être utilisé comme bombe. Prévu à l'origine pour être contrôlé depuis le sol, il fut aussi contrôlé à partir d'un avion accompagnateur avec pilote.

Dans les années 1930, des avions automatisés référencés sous le nom de **DH 82 Queen Bee (queen bee = « reine des abeilles »)** furent développés pour servir de cible à l'avion-école et d'entraînement De Havilland DH 82 Tiger Moth. En 1935, la Royal Air force le testa en vol.

On doit au **Queen Bee le terme de drone : la « reine des abeilles » se révéla être lente, et aussi bruyante qu'un faux bourdon (en anglais : drone)**... D'où ce surnom qui fit florès et fut repris par l'armée américaine. Depuis, la famille des drones s'est considérablement développée, et la parentèle comporte d'innombrables engins volants de toutes tailles, aux capacités et aux emplois couvrant un large spectre d'activités.

Mais c'est malheureusement avec les V1 et V2 missiles balistiques allemands opérant pendant la seconde guerre mondiale que le monde découvrit l'efficacité de ces engins autonomes. Leur guidage radiocommandé rudimentaire ne leur donnait toutefois pas une grande précision dans l'atteinte précise d'une cible.

C'est à partir des années 1950 que furent développés les drones à des fins militaires. De toute taille et de tous usages ils sont aussi bien utilisés pour des missions de surveillance et de reconnaissance que pour des missions de bombardement.

Les applications civiles des drones sont plus récentes. Légers, souples, faciles à mettre en œuvre, les drones peuvent offrir des performances et une qualité supérieure à celles qui sont obtenues avec les moyens actuels (hélicoptères, avions légers, satellites). C'est le pari que fait Google qui projette d'utiliser les drones solaires pour permettre l'accès à internet dans les zones reculées. Ces drones seraient capables de se maintenir 5 ans à 20 km d'altitude. Cette technologie serait moins coûteuse que celle de satellites géostationnaires.

Les rovers et l'exploration spatiale.

Les rovers sont destinés à explorer la surface des planètes de façon quasiment autonome, prélever des échantillons, effectuer des mesures et des analyses. Ils furent développés dès les années 1960, tel le **Lunokhod 1** développés par les scientifiques russes. La Nasa en développa à partir de 1970 dans le cadre du programme Apollo. **Sojourner** en 1997, **Mars Rover** en 2003 et **Curiosity** en 2012 explorèrent la planète Mars.

Et le vendredi 30 septembre 2016 vers 13h30, à 700 millions de km de la terre, s'acheva la mission de la **sonde européenne Rosetta** lancée en 2004, qui après avoir largué **Philae**, laboratoire disposant de dix instruments scientifiques, à la surface de la comète « Tchouri » (67P/Tchourioumov-Guérassimenko) le 12 novembre 2014, alla la rejoindre après une dizaine d'heures de chute libre à l'allure d'un marcheur.

Les robots.

Dans un avenir proche, la robotique occupera une place majeure dans notre quotidien. La France fait actuellement partie des pays les plus innovants dans le domaine. La robotique possède de nombreux champs d'applications comme la robotique industrielle ou la robotique de service. Qu'il s'agisse de robot civil ou militaire, il existe désormais des robots capables d'étonnantes prouesses dans de nombreux secteurs : robots-compagnons assistant les personnes à domicile ou en charge de la surveillance et des soins, robots assurant la logistique dans les hôpitaux, robots assistant les industriels dans la réalisation de gestes pénibles et répétitifs, ou encore permettant le développement de prothèses ou d'orthèses intelligentes.

Contrairement aux automates, **les robots sont des systèmes munis de capteurs, capables d'agir de façon autonome et pas seulement selon un programme préétabli. Ces dispositifs dits « intelligents » sont capables de recueillir des informations extraites de leur environnement dont le traitement va influencer leur fonctionnement.** La robotique s'est déployée dans les années soixante au travers de la robotique dite industrielle ou manufacturière. La création des premiers robots destinés à une intervention en milieu hostile a été impulsée et financée par l'industrie nucléaire dès la fin des années 1950.

Aujourd'hui, un autre domaine d'application de la discipline est en plein essor en France et dans le monde : la robotique de service.

Certaines avancées scientifiques, comme dans le domaine des neurosciences, apportent de nouveaux champs d'application avec une préoccupation plus forte pour l'amélioration des capacités d'apprentissages et d'intelligence des robots actuels. Objectif : intégrer plus facilement ces nouvelles machines dans des environnements complexes en totale interaction avec l'homme pour tenter de répondre à des enjeux sociétaux majeurs.

Les robots humanoïdes.

La maîtrise de la bipédie est certainement l'accomplissement le plus technique de l'histoire des robots humanoïdes. **WABOT-1 de l'université de Waseda (1973)** est l'un des premiers robots humains capables de se déplacer (de façon rudimentaire). Suivirent WHL-11 de Hitachi (1985), les premiers robots de Honda E0 à E6 (1986-1993) et P1 à P3 capable de marcher comme un humain et de monter des escaliers (1992-1997).

Le onzième robot développé par Honda, **Asimo**, est capable de courir (2000). La dernière version de 2011 peut sautiller sur un pied, courir à 9km/h, manipuler des objets délicatement comme remplir un gobelet, communiquer en langage des signes, etc.

Développé à partir 2005-2006, **Nao** est un petit robot humanoïde de la société française Aldebaran Robotics. Il est autonome, programmable et forme une plateforme pédagogique idéale pour la recherche et l'enseignement. Il est aussi utilisé pour l'aide à domicile et l'assistance.

Enfin, certains robots ont été développés dans un souci de réalisme maximal, comme le **Geminoid F (2012)** de l'université d'Osaka et du laboratoire ATR de Hiroshi Ishiguro.

La téléopération

La télé-opération est orientée vers le contrôle supervisé et l'assistance à l'opérateur pour augmenter l'efficacité des tâches opérées à distance. Actuellement la télé-opération est présente dans les secteurs nucléaire, médical et militaire.

La cobotique et Les exosquelettes

La Cobotique, ou robotique collaborative, vise à développer des technologies robotiques en interaction continue avec l'homme. La recherche porte sur la sécurité et l'efficacité de l'interaction « homme-robot » et sur de nouvelles architectures de cobots, depuis les systèmes d'amplification d'effort jusqu'aux exosquelettes.

Qu'ils soient biomécaniques ou motorisés, ces squelettes externes mécaniques ont de nombreuses applications : dans la médecine afin d'aider les personnes handicapées motrices à se déplacer, ou même dans le domaine militaire afin de rendre les soldats plus forts et endurants.

La recherche sur les exosquelettes s'intéresse aux systèmes pour les membres supérieurs, les membres inférieurs et aux systèmes complets. **ABLE** est un cobot générique à 7 axes, exosquelette du membre supérieur, entièrement commandé en effort, qui est conçu pour répondre à un grand nombre d'applications, comme interface haptique (l'haptique englobe le toucher et les phénomènes kinesthésiques, c'est-à-dire la perception du corps dans l'environnement), pour une simulation de réalité virtuelle, comme bras maître pour de la télé-opération à retour d'effort, comme orthèse pour des tâches de rééducation ou comme robot d'assistance au mouvement pour des personnes handicapées.

Hercule est un exosquelette complet pour l'assistance mobile au port de charge, offrant une capacité d'emport de 40 kg durant une marche de 20 km. Cette technologie très prometteuse est développée par le CEA avec la Direction générale de l'armement (DGA) et en partenariat avec la PME RB3D, spécialisée dans le domaine des dispositifs d'assistance aux gestes manuels pénibles, sources de troubles musculo-squelettiques. Ce programme de recherche se poursuit par le développement d'un nouvel exosquelette baptisé Heracles. Réalisé en matériaux composites, **Heracles** permettrait à son opérateur de se déplacer avec une charge pesante jusqu'à 100 kg, voire d'effectuer des sauts, et pourrait viser d'autres domaines que celui de la Défense. En effet, RB3D compte également concevoir une version civile d'Heracles destinée aux pompiers et à tous ceux qui sont amenés à porter de lourdes charges.

L'exosquelette biomécanique **HAL** (Hybrid Assisted Limb de la société Cyberdine) détecte les intentions de mouvement pour les assister et permet de soulever des masses jusqu'à 10 fois plus lourdes. Il peut aider des personnes à mobilité réduite à retrouver l'usage de leurs jambes par un accompagnement dégressif. (2009). HAL est développé depuis 2008 au Japon. Il est fait pour assister les mouvements de la personne handicapée. HAL est un robot prêt-à-porter, qui s'enfile et se fixe autour du corps avec des sangles. Il utilise les signaux émis par le cerveau de son porteur. Les capteurs d'intention

placés sur la peau détectent les signaux nerveux et permettent de synchroniser l'équipement de la manière la plus naturelle possible avec les mouvements d'une personne. La personne peut ainsi marcher normalement.

Les évolutions récentes de la robotique manufacturière permettent aujourd'hui une interaction directe « homme-machine ». En 2011, les ingénieurs du CEA-List et de l'Institut Cetim ont mis en commun leurs compétences en mécatronique et ont aidé la PME RB3D à développer et produire un cobot d'assistance pour l'industrie. Ce « robot collaboratif » est un bras mécatronique dédié à des tâches industrielles pénibles comme le brossage, le burinage ou encore la manipulation. L'opérateur manipule l'outil avec le bras instrumenté : certaines opérations qui réclamaient 20 kg d'effort n'en demandent alors plus qu'un. Un mode de commande intuitif, intégré au « cobot », amplifie l'effort de l'opérateur d'un facteur réglable de 1 à 50, en utilisant un unique capteur d'efforts. Grâce à l'assistance apportée, ce cobot permet de réduire considérablement le risque de Trouble Musculo-Squelettique (TMS).

La cobotique est présente dans le domaine industriel mais également dans le domaine médical. En chirurgie orthopédique, par exemple, le cobot partage une tâche avec le chirurgien en apportant une fonction d'anticollision active lui permettant de percevoir, voire d'interdire, l'approche d'un organe critique. La rééducation, après un accident vasculaire cérébral (AVC), par exemple, peut également tirer parti des interfaces haptiques, en les associant à des technologies de réalité virtuelles.

L'intelligence artificielle.

La première machine à calculer est l'invention de **Blaise Pascal** : elle permettait d'additionner et de soustraire deux nombres d'une façon directe et de faire des multiplications et des divisions par répétitions. L'introduction de la « **Pascaline** » marque le commencement du développement du calcul mécanique en Europe, puis, à partir du milieu du 19^{ème} siècle, dans le monde entier. Ce développement, qui passera des machines à calculer aux calculatrices électriques et électroniques des siècles suivants, culminera avec l'invention du microprocesseur par Intel en 1971. De 1834 à 1837, **Charles Babbage** a conçu une machine à calculer programmable ancêtre des ordinateurs des années 1940. Combinant les avancées technologiques de Blaise Pascal et de Jacquard, la machine est commandée par des instructions écrites sur des cartes perforées.

L'**ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer) créé par **P. Eckert et J. Mauchly** en 1946. Est composé de 19000 tubes à vide électroniques, pèse 30 tonnes, occupe une surface de 72 m², consomme 140 kilowatts, et effectue environ 330 multiplications par seconde. Aujourd'hui, les super ordinateurs peuvent avoir jusqu'à 500 000 processeurs et gérer 50 petalops ($5 \cdot 10^{16}$ opérations par seconde).

Rendre les machines intelligentes est l'objectif poursuivi par **Alan Turing** qui le conduit à définir en 1950 une méthode afin de **tester la présence d'une conscience ou d'une intelligence au sein d'une machine**. C'est le test de Turing certainement fondateur dans le domaine de l'intelligence artificielle, tout comme les travaux de John McCarthy qui définit le terme d'« intelligence artificielle » lors de l'« Atelier de travail de l'Université de Darmouth (été 1956).

L'intelligence artificielle est une discipline scientifique recherchant des méthodes de création ou de simulation de l'intelligence, c'est le nom donné à l'intelligence des machines et des logiciels. Il est défini par l'un de ses initiateurs, Marvin Lee Minsky, comme « **la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique** ». On y trouve donc le côté « artificiel » atteint par l'usage des ordinateurs ou de processus électroniques élaborés et le côté « intelligence » associé à son but d'imiter le comportement. Cette imitation peut se faire dans le raisonnement, par exemple dans les jeux ou la pratique des mathématiques, dans la compréhension des langues naturelles, dans la perception : visuelle (interprétation des images et des scènes), auditive (compréhension du langage parlé) ou par d'autres capteurs, dans la commande d'un robot dans un milieu inconnu ou hostile.

Son développement suscite de nombreuses réactions s'exprimant tant dans les récits de science-fiction que dans les essais philosophiques. Certaines, dans les milieux technophiles, sont enthousiastes, le mouvement transhumaniste en est la meilleure expression ; d'autres, au contraire, sont portées par l'inquiétude, y compris au sein même de la sphère high-tech. C'est le cas notamment de Bill Gates, ex-PDG de Microsoft et d'Elon Musk, PDG de Tesla, qui déclare : « je pense que nous devrions être très prudents au sujet de l'intelligence artificielle. Si je devais miser sur ce qui constitue notre plus grande menace pour l'existence, ce serait ça ».

Références.

<https://prezi.com/km3jdih6hne5/histoire-de-la-robotique/>

<http://www.ploix.com/8-animats.html>

<http://www-list.cea.fr>

Présent et futur des drones civils, AAE dossier #40, sept 2015 et www.academie-air-espace.com

Histoire des drones, Océane Zubeldia, Perrin, mai 2012.