

# L'ordinateur du XXIe siècle sera un robot.

Frédéric Kaplan

École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

## 1. Les robots sont des ordinateurs qui vivent dans le même espace que nous

Quelle est la différence entre un ordinateur et un robot ? Il y a quelques années, Apple avait commissionné une agence pour faire la publicité de son nouvel ordinateur iMac. On y voyait un passant dans une rue de New York s'arrêter devant la vitrine d'un magasin, intrigué par un ordinateur qui le suivait du regard. La surprise cède vite le pas à l'expérimentation et nous voyons notre passant tourner la tête, pivoter le corps amusé par les mouvements de cette machine qui, malgré son apparence bien peu humaine, le singe. Pris par le jeu, le passant finit par tirer la langue à la machine comme pour défier cet ordinateur sans visage. En réponse à la grimace, le lecteur de CD s'ouvre. Le passant est conquis.

Lorsque j'ai vu cette publicité pour la première fois, j'ai tout de suite voulu cet ordinateur taquin qui savait imiter les gestes et interagissait sans souris ni clavier avec un naturel confondant. Enfin un ordinateur qui vivait dans le même monde que nous, avec lequel nous pouvions communiquer directement par le corps, sans passer par le clavier et la souris, interfaces primitives, si pauvres comparées à nos savoir-faire sociaux. Mais malheureusement, cette machine merveilleuse n'existait que dans l'imagination fertile des publicitaires. Le iMac ne faisait rien de tout ça. C'était juste un ordinateur au design réussi. Rien qu'un ordinateur.

L'iMac, comme n'importe quel autre ordinateur personnel, est une machine immersive. Vous regardez son écran et vous êtes ailleurs. Comme quand vous lisez un livre, vous quittez notre monde pour plonger dans un autre espace. Le iMac robotique de la publicité lui vivait dans le même espace social que le passant qui découvrait naturellement ses possibilités. C'était un robot.

J'ai travaillé dix ans pour Sony en particulier sur le robot quadrupède AIBO. Un sujet qui m'intéressait particulièrement était la manière dont les enfants réagissaient lors d'une première rencontre avec cette machine. Contrairement aux adultes, les enfants ont très peu d'a priori sur la technologie. Ils portent en général un regard très juste sur ce qu'une machine peut ou ne peut pas faire. Ce qui était frappant c'est que dans les cinq premières minutes de la rencontre, la plupart des enfants mettaient en place une véritable procédure expérimentale. Il s'agissait pour la plupart d'entre eux d'estimer ce que le robot percevait ou ne percevait pas. Pouvait-il interagir avec une balle ? Pouvait-il les reconnaître ? Pouvait-on lui parler ? Au terme de tests improvisés, mais qui suivaient toujours une logique assez rigoureuse, les enfants estimaient l'intersection entre leur monde et celui de la machine. Parmi toutes les choses sur lesquelles notre attention s'arrête, quelles sont celles qui intéressent également le robot ?

En collaboration avec des éthologues de l'université *Eötvös* de Budapest, j'ai également mené durant ces années, des expériences avec des chiens. Comment ces animaux réagiraient-ils face à une machine quadrupède qui s'approcherait de leur diner ? La verraient-ils comme un objet inanimé ou comme un potentiel compétiteur pour le morceau de viande placé devant eux ? **Est-ce que le monde du robot et celui du chien avait une intersection ? La réponse est oui.** A plusieurs reprises de jeunes chiens attaquèrent violemment le robot pour défendre leur nourriture. Bien évidemment, le robot lui était attiré seulement par la couleur de la viande. Mais, même s'ils étaient mus par des motivations différentes, robots et chiens partageaient bien le même espace, dans ce cas de manière conflictuelle.

Suite à ces premières expériences, mes efforts de recherche furent consacrés dans les années qui suivirent à tenter d'élargir la zone d'intersection entre le monde de ce robot et celui des hommes et des animaux avec lesquels ils partageaient l'espace. Avec mon collègue Pierre-Yves Oudeyer, nous tentâmes de lui apprendre à reconnaître et à nommer des objets courants. Nos recherches portèrent sur des algorithmes le poussant à s'intéresser, comme un petit enfant, à des choses toujours nouvelles, une forme de curiosité. De jour en jour, cet espace d'échange et de partage entre l'homme et le robot devenait plus grand.

Quand Sony décida d'arrêter la commercialisation de cette merveilleuse machine, je partis en Suisse à l'*École Polytechnique Fédérale de Lausanne* pour continuer à faire de la robotique, mais d'une autre manière. Mes expériences avec AIBO m'avaient convaincu que ce n'était pas la forme quadrupède du robot qui était fondamentale dans les échanges que nous avions avec lui. Au contraire, dans bien des cas ce « robot-chien » était perçu comme un simple jouet, alors que c'était une des machines les plus sophistiquées de son temps. J'étais persuadé que quand les robots rentreraient dans nos maisons, ils ne prendraient pas la forme de petits chiens ou de petits hommes ; ils auraient comme tous les autres objets technologiques la forme la plus adaptée à leur fonction.

Un exemple remarquable de succès commercial dans ce domaine était l'aspirateur robot *Roomba*. Il avait la forme parfaitement adaptée à sa fonction et un grand nombre de familles s'équipaient chaque année. Avec mes collègues Julia Fink et Valérie Bauwens, nous mîmes en place une étude pour comprendre ce qui se passait quand on introduisait un robot de ce genre dans un foyer suisse. Quelle serait l'intersection du monde de ce robot nettoyeur avec le complexe écosystème constitué par une famille ? Au fur et à mesure des interviews et des observations sur place, c'est toute la complexité d'une relation sociale que nous découvrons. Certains modifiaient complètement l'organisation de leurs intérieurs pour permettre au robot de mieux travailler. De nombreux enfants, d'ordinaire peu enclins aux tâches ménagères, prenaient tout d'un coup plaisir à aider le robot à travailler. Très loin de la promesse publicitaire qui présentait cette machine comme un serviteur efficace qui vous permettrait de ne plus vous occuper du ménage, nous découvrons au contraire des familles qui s'investissaient encore plus dans les tâches ménagères, mais d'une manière différente. **Parce qu'il partage le même espace que nous, un robot peut nous faire changer nos habitudes les plus profondes.**

## **2. La robotique permet d'inventer de nouvelles interfaces**

Revenons à notre Mac dans la vitrine. Depuis le milieu du XXe siècle, les interfaces informatiques ont évolué dans une direction uniforme : vers plus de physicalité et vers moins d'abstraction. Il fallait comprendre l'électronique pour opérer les ordinateurs des années 1950, qui occupaient facilement une salle entière. Pour programmer ces premières machines, il fallait contrôler directement chaque étape du fonctionnement de leurs circuits physiques. L'arrivée des premiers langages de programmation, en introduisant des niveaux d'abstraction intermédiaires, permit peu à peu de se détacher des détails architecturaux de chaque ordinateur pour commencer à écrire des programmes capables de fonctionner sur plusieurs machines à la fois. Ecrire un programme n'était pas à la portée de tout le monde, mais ce type de savoir-faire faisait appel à des compétences plus générales : apprendre et maîtriser la syntaxe et la sémantique de nouvelles langues. Plus tard, la transition entre ce monde essentiellement textuel et le monde graphique ouvrit l'informatique au plus grand nombre, en particulier à l'enfant d'une dizaine d'années que j'étais alors. J'étais trop jeune pour maîtriser la rigueur syntaxique des dialogues homme-machine, il me faudrait encore attendre quelques années. Mais j'étais prêt pour découvrir un monde en deux dimensions où il s'agissait essentiellement de saisir, de déplacer, de manipuler, d'organiser l'espace et de comprendre la signification de symboles graphiques. L'interface graphique était un monde de métaphores et la souris permettait de traduire le geste physique dans cet espace symbolique.

Dès notre plus jeune âge, nous apprenons à reconnaître des configurations spatiales, à planifier nos actions dans l'espace, à porter notre attention sur certaines choses et pas sur d'autres. Lorsqu'un enfant va prendre un jouet dans sa chambre, il utilise ses compétences de manière fluide et efficace. Les interfaces graphiques permettaient de réutiliser ces savoir-faire pour interagir avec la machine. Il suffisait de traduire le monde symbolique représenté à l'écran en son équivalent physique. Dans ce monde, comme dans le monde physique, des outils pouvaient être appliqués à des objets, des objets pouvaient être placés dans des conteneurs. Il y avait bien sûr un certain nombre de concepts à comprendre : les fenêtres, les menus. Mais avec un peu d'entraînement un enfant de 10 ans pouvait facilement les maîtriser. Le plus difficile était de réussir à faire cette « traduction » métaphorique.

Le modèle inventé il y a une trentaine d'années de l'interface graphique associée à la souris et au clavier a été un succès sans précédent puisqu'à quelques variantes près il a conquis tous les types d'ordinateurs et de systèmes d'exploitation. Claviers et souris ont continué à évoluer pour devenir plus agréables à utiliser, mais les principes d'interaction eux sont restés dans l'ensemble assez similaires. **Les interfaces graphiques « traditionnelles » proposent un monde qui correspond métaphoriquement au monde physique.** Il semblerait intéressant de faire venir l'interactivité jusqu'à nous et d'interagir directement dans et avec le monde physique plutôt que de nous plonger dans un univers virtuel, dont les règles de fonctionnement, sont simplement *inspirées* du monde que nous connaissons. Malgré l'intuitivité des métaphores utilisées dans les interfaces graphiques, interagir avec un ordinateur demande une concentration qui nous empêche souvent de continuer d'autres comportements en même temps, même ceux aussi coutumiers que de tenir une conversation. L'interface, si loin de notre corps, n'est jamais tout à fait incorporée.

Depuis une quinzaine d'années, beaucoup de chercheurs travaillent à la construction d'interfaces qui nous permettent d'interagir dans le monde réel selon des approches variées : introduire de l'électronique dans nos vêtements, construire des télécommandes sophistiquées, construire des pièces intelligentes qui interprètent nos comportements, etc. Les solutions qui supposent que l'utilisateur porte un nouvel objet posent des problèmes pratiques. Nous perdons les télécommandes et les souris sans fil. Nos poches sont déjà trop pleines. Pour pouvoir abandonner l'idée d'un objet qui servirait d'intermédiaire entre notre monde physique et le monde de la machine, il faut résoudre un vrai paradoxe : faire une interface qui permette de saisir et manipuler des objets aussi directement que dans le monde physique sans que pour autant il n'y ait aucun objet physique à manipuler ?

**C'est précisément sur cette question que le savoir-faire des roboticiens peut être utile.** En 2006 j'ai commencé à travailler avec le designer industriel Martino d'Esposito à la construction d'un ordinateur « robotisé ». L'idée était que l'on puisse interagir avec cette machine par de simples gestes où que l'on soit dans une pièce. Pour cela, il fallait que la machine ait une bonne représentation du monde qui l'entourait : identifier où se trouvaient les personnes et les objets, comprendre grossièrement ce qu'ils étaient en train de faire.

Un peu comme dans la publicité d'Apple, notre premier prototype prenait la forme d'un écran placé sur un cou robotique articulé. L'écran était programmé pour rester toujours en face de l'utilisateur le plus actif dans une pièce. L'utilisateur voyait son image dans l'écran entourée par des éléments d'interfaces (boutons, etc.) placés tout autour de lui en « réalité augmentée ». De cette manière, il devenait possible d'agir à distance depuis n'importe quel point de la salle. Plus besoin de s'adapter à la machine, la machine s'adaptait à nous. Il devenait possible d'interagir en étant debout ou assis, en marchant et en continuant à discuter avec des amis. Nous avons créé un ordinateur sans clavier ni souris, contrôlable par de simples gestes : l'informatique à portée de mains.

Plutôt qu'une coque en plastique, Martino d'Esposito décida de travailler avec une couturière pour confectionner un habit capable d'envelopper toutes les pièces du prototype et surtout de fluidifier les mouvements de la machine. Au final, même si rien n'avait été fait pour le rendre anthropomorphique, notre prototype ressemblait à un petit être en habits noirs réactif et curieux à son environnement.

Le principe de cette machine séduit Paola Antonelli, conservatrice du département design et architecture du Musée d'Art Moderne (MoMA) de New York. Elle nous invita à venir exposer notre prototype dans ce prestigieux temple du design. Cette exposition au MoMA fut décisive pour la suite du projet. Nous étions dans un musée d'art pas dans une exposition scientifique. Il n'y avait aucun texte didactique pour expliquer comment la machine fonctionnait. Les visiteurs, plusieurs milliers par jour, allaient devoir le découvrir par eux-mêmes. Nous profitâmes de cette occasion unique pour étudier attentivement la manière dont ces rencontres inédites avaient lieu.

L'approche avait presque toujours lieu en trois étapes. Au milieu de cette large collection d'objets évocateurs, mais inertes, les mouvements de la machine attiraient l'attention. Le

visiteur s'approchait. Il observait alors d'autres personnes qui gesticulaient en face de l'écran motorisé et comprenait assez rapidement que ces derniers interagissaient avec leur propre image représentée sur l'écran de la machine. C'était une invitation à interagir à leur tour. Quand le moment se présentait, ils tentaient un peu hésitants de saisir par des gestes dans les airs les éléments visuels surimposés à leur image à l'écran. Les uns étaient plus ou moins doués que les autres. Surtout chacun avait sa propre stratégie d'interaction, inventait en quelques secondes sa propre grammaire gestuelle adaptée à cette situation inédite. Nous avons reproduit le scénario interactif de la publicité d'Apple.

D'année en année, ce premier prototype s'améliora. Il fut équipé d'une camera à infrarouge pulsé permettant de percevoir l'espace en trois dimensions. Son design fut plusieurs fois entièrement repensé. Produit en petites séries, nous l'avons vendu à plusieurs laboratoires de recherche, en particulier à ceux de Samsung et Logitech. Plusieurs équipes dans le monde travaillent en ce moment à ce qui est, sans aucun doute, une nouvelle lignée technologique : les ordinateurs robotiques.

### **3. Les ordinateurs robotiques permettent de créer des applications « grandeur nature »**

La grande innovation des ordinateurs robotiques consiste en un changement de référentiel. Avec un ordinateur robotique, l'interaction n'a plus lieu dans le référentiel de l'écran, mais dans le nôtre. Les applications sont « grandeur nature ». Les échanges se déroulent dans notre espace. Nous ne sommes pas obligés de nous adapter à la machine. C'est, pour la première fois, elle qui s'adapte à nous.

Une fois qu'un ordinateur robotique vous a vu, il peut vous suivre du regard même si vous vous déplacez. Contrairement à un ordinateur classique qui nécessite l'arrêt d'une activité pour être utilisé, un ordinateur robotique se fond dans l'environnement humain. Il n'y a ni souris, ni clavier. Vous ne touchez rien. Vous n'avez même pas à parler. Il suffit de bouger la main pour interagir ou de lui montrer un objet. Si vous êtes avec un ami, il vous suit tous les deux et peut tenter de deviner les liens qui vous unissent. Parce qu'il fonctionne dans notre espace physique, il peut comprendre notre espace social.

Dans le salon, il vous suffit d'un geste pour lancer ou arrêter une musique. Si vous organisez une soirée, il fera non seulement le DJ, mais pourra aussi prendre les photos de vos invités, puis leur envoyer un « montage souvenir ». Dans la cuisine, il permet de suivre une recette de cuisine tout en se déplaçant et sans jamais toucher l'écran. Montrez-lui un pot de sauce tomate vide et il l'inclura dans votre prochaine liste de courses. Dans la chambre des enfants, il permet une multitude de jeux dans lesquels les enfants ne sont plus « collés » devant l'écran, mais où ils peuvent laisser libre cours à leur imagination corporelle. Au bureau, il donne une autre dimension aux conférences en portant son attention alternativement sur chacun des intervenants. L'absence de contact avec l'écran le rend particulièrement adapté pour choisir des produits dans un magasin ou obtenir des informations dans un musée.

Parce qu'un ordinateur robotique « vit » dans le même espace que nous, il entre dans notre intimité comme aucune machine ne l'a fait jusqu'à présent. Non seulement il est capable de reconnaître les personnes présentes dans une pièce, mais il peut aussi apprendre leurs habitudes : les moments de la journée où il est le plus probable de les voir, le type de musique qu'elles aiment écouter selon les contextes, etc. Cette intimité inédite avec une machine suscite évidemment de nombreuses questions sur les transformations de notre vie privée à l'heure des ordinateurs robotiques. Elle ouvre également la voie à de nouvelles opportunités d'apprentissage en intelligence artificielle. Chaque moment passé avec un ordinateur robotique doit lui donner l'occasion de mieux nous connaître. Enfin et surtout, cette intimité annonce de nouveaux modèles économiques où nos données biographiques seront échangées contre des services. Ainsi, les ordinateurs robotiques n'inaugurent pas simplement des services nouveaux, mais peut-être une économie nouvelle.

Même si plusieurs signes nous indiquent qu'une lignée technologique est en train d'apparaître, dessiner les contours précis d'un ordinateur d'un genre nouveau reste un travail de longue haleine. Il a fallu de longues années avant que tous les concepts introduits par les interfaces graphiques s'intègrent de manière cohérente les uns avec les autres. Il faudra de même de longs mois intégrant le travail des ingénieurs et des designers pour petit à petit s'approcher d'une nouvelle machine qui pourra trouver une place pérenne dans nos vies.

Concluons sur une métaphore éclairante. Au cours des dernières années de recherche en robotique nous avons appris qu'une bonne interface physique et sociale doit suivre un principe directeur fondamental : celui de la danse. La machine devrait être une cavalière facile à inviter, attendant juste un petit signe discret, mais non ambigu pour nous rejoindre sur la piste. Comme une bonne danseuse, elle saura prédire où nous serons à l'instant d'après. Chaque danse serait l'occasion de mieux se connaître pour que progressivement l'interaction devienne si fluide qu'elle ne nécessiterait plus aucune attention consciente. Pour autant, interagir ne doit pas signifier partir dans un monde virtuel, personnel et inintelligible pour les autres personnes qui nous observent. Il faut crever la bulle dans laquelle la technologie aime à nous enfermer. Comme pour la danse, homme et machine interagissant devraient donner d'eux-mêmes un comportement qui fasse sens, idéalement composé de gestes et de mouvements gracieux. Et puis, comme pour la danse, il s'agit avant tout de sensualité et de vitesse. Il me semble que le langage devrait rester en dehors de tout ça. Je ne crois pas que nous voulons des machines avec lesquelles tenir conversation. Je crois que nous voulons des machines avec lesquelles danser.