

# Quatre clés pour évaluer Optimus, le robot humanoïde d'Elon Musk

Vendredi 30 septembre, Elon Musk a présenté un prototype de son TeslaBot, Optimus, qu'il espère produire pour moins de 20 000 dollars. Architecture, préhension, production en série... L'Usine Nouvelle fait le bilan en quatre points.

C'est un prototype bardé de câbles et de fils électriques qui a fait ses premiers pas, mal assurés, sur la scène du Tesla AI Day vendredi 30 septembre au soir. Un an après que Elon Musk a fait état de son intention de lancer Tesla dans la robotique humanoïde, ses ingénieurs ont présenté leur premier prototype, en multipliant les détails techniques. Alors que l'événement visait en priorité à « recruter des ingénieurs en robotique et en intelligence artificielle », L'Usine Nouvelle a contacté deux chercheurs pour faire le bilan et résumer, en quatre points clés, les choix technologiques de Tesla. 1. Une architecture à l'état de l'art... sans plus

Présenté en direct sur scène, le TeslaBot n'a fait que quelques pas, avant d'esquisser des mouvements d'une « danse » très mécanique. La chorégraphie s'est déroulée comme prévu - le robot n'est pas tombé -, mais la démarche chancelante d'Optimus et la simplicité de la démonstration indiquent, selon les experts contactés par L'Usine Nouvelle, que Tesla a encore du chemin à parcourir pour surmonter les difficultés que pose la robotique humanoïde... Et en est encore à rattraper ses concurrents plus avancés.

« Ce robot humanoïde est assez classique, similaire à d'autres exemplaires déjà sur le marché, comme le HRP-4 de Kawada », commente Philippe Fraisse, roboticien au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (LIRMM- CNRS / Université de Montpellier), qui travaille sur un tel modèle. « C'est une belle réussite s'il a vraiment été construit en dix mois en partant de zéro, comme l'affirme Elon Musk, mais il n'y a rien d'inédit, continue-t-il. Quand Tesla a sorti sa première voiture, elle était différente des autres. »

Même son de cloche du côté de [Serena Ivaldi, chercheuse à l'Inria \(CNRS/Université de Lorraine\)](#), qui côtoie au quotidien deux robots humanoïdes: Talos (de Pal Robotics) et le petit iCub (de RobotCub). Après visionnage des vidéos dans lesquelles Optimus, soutenu par un harnais et connecté par câble, arrose des plantes, porte des colis, et décharge des barres de métal d'une machine industrielle, la chercheuse y voit une « bonne exécution de l'état de l'art, avec une mobilité intéressante au niveau du torse et du bassin ». Le robot de 76 kilos est contrôlé via des « briques logicielles déjà bien connues et appliquées par la recherche », ajoute Serena Ivaldi.

Concrètement: le robot simule ses mouvements dans l'environnement qu'il perçoit, et le corrige pour s'équilibrer en fonction des informations que lui transmettent ses capteurs. Pour lui permettre de s'orienter, les ingénieurs ont réutilisé les algorithmes de vision développés par Tesla pour les entraîner à partir d'images d'intérieur, note par ailleurs la chercheuse, qui fait l'hypothèse que « la tête du Tesla Bot, dont on ne voit pas le contenu, peut cacher de multiples caméras ». Même les applications plus complexes sur lesquelles travaille Tesla, comme la génération de mouvements par mimétisme d'un opérateur et le fait d'équilibrer sa démarche par des mouvements de bras, ont aussi des précédents. 2. Un robot tout électrique

Ce n'est pas une surprise, mais cela reste un choix technologique notable. A l'inverse de Boston Dynamics, dont les robots acrobates sont équipés de système d'actionnement hydraulique, Tesla a fait le choix de moteurs et d'actionneurs électriques. « L'hydraulique permet à Boston Dynamics de générer des mouvements explosifs, très dynamiques, pour faire courir et sauter les robots, éclaire Serena Ivaldi. C'est plus difficile avec de l'électrique, qui transmet plus difficilement la puissance. »

Pour proposer une option crédible, le champion de la voiture électrique prévoit de capitaliser sur son expérience. Lors du Tesla AI Day, plusieurs moteurs et d'actionneurs maison, adaptés aux contraintes de taille et de puissance qu'impose la robotique humanoïde, ont été dévoilés. Pour prouver les performances de ses produits, Tesla a notamment diffusé une vidéo dans laquelle un actionneur linéaire soulève... un piano! « C'est une belle

performance. Mais ce qu'il faudra voir, c'est si le moteur peut mobiliser une telle puissance rapidement, ce qui sera nécessaire pour les mouvements les plus dynamiques », nuance la roboticienne.

Tesla prévoit aussi de se distinguer du côté du stockage d'énergie, en équipant son premier prototype d'une batterie de 2,3 kWh pour 52 volts, située au niveau du torse (en moyenne, une batterie de voiture électrique emmagasine entre 50 et 100 kWh). Tesla - qui produit la batterie et l'électronique de contrôle associée - affirme que cela permettrait au robot de tenir « une pleine journée de travail », soit entre 8 et 10 heures, sans donner de détails supplémentaires. 3. Une main anthropomorphe précise

C'est une petite surprise et « l'une des choses les plus intéressantes de la présentation », note Philippe Fraisse. Pour assurer une préhension précise à son robot et lui permettre de s'emparer d'objets pensés pour les humains, Tesla a fait le choix de développer une main proche d'une main anthropomorphe. Dotée de cinq doigts, dont un pouce opposable, elle mobilise 11 actionneurs et comporte des câbles métalliques au sein de chaque doigt. « Cela s'approche de la main humaine, très précise et souple car les tendons permettent de déporter les muscles vers l'avant-bras, décrit Philippe Fraisse. Mais ce n'est pas non plus un système nouveau. On le retrouve par exemple chez la société britannique Shadow Robotics. »

Point d'inquiétude: les mains à câbles sont souvent fragiles. « Les câbles s'élongent et se cassent, donc c'est une techno qui nécessite beaucoup de recalibration et de manutention », pointe Serena Ivaldi, dont le robot iCub est équipé d'outils de préhension similaires. « Pour les robots industriels, la norme est plutôt d'utiliser des pinces, plus robustes, capables de porter des charges lourdes, et d'opérer longtemps sans casser », ajoute la chercheuse. Tesla prévoit néanmoins que chaque main puisse porter un sac de 9 kilos, sans donner davantage de détails. Une promesse qui intrigue les chercheurs, alors que ce type de main se cantonne en général à de faibles charges, d'un ou deux kilos. 4. Un produit prêt pour la production

« Notre but est de faire un robot humanoïde utile le plus rapidement possible, a expliqué Elon Musk. Nous l'avons conçu avec la même discipline que pour nos voitures, en pensant à la production [design for manufacturing, ndlr], de manière à pouvoir fabriquer le robot en grands volumes à bas prix et de manière performante. » Toujours aussi modeste, Elon Musk se voit déjà produire des « millions » de robots à des prix « plus bas qu'une voiture », soit autour de 20 000 dollars (autant en euros).

Des promesses qui intriguent et intéressent les chercheurs. « Réduire les coûts en jouant sur les volumes ne sera pas évident », juge Philippe Fraisse, en listant la multitude de composants technologiques indispensables pour les robots humanoïdes. « Aujourd'hui, un robot équivalent, comme HRP-4, coûte autour de 400 000 dollars », pointe-t-il. « C'est l'aspect le plus ambitieux et le plus novateur, considère pour sa part Serena Ivaldi. La structure a été pensée pour être répliquable en masse, en pensant aux composants mais aussi à l'assemblage, qui nécessite aujourd'hui beaucoup de travail, ainsi qu'à la maintenance. » Tout au long de sa présentation, Tesla a souligné sa stratégie de standardisation des composants (en utilisant seulement six types d'actionneurs par exemple) en s'appuyant sur son outil industriel déjà en place.

« C'est aussi ce qui explique que le robot est peu ambitieux du point de vue technologique: Tesla a fait des choix raisonnés pour industrialiser en masse », juge la chercheuse. Reste l'incertitude majeure des débouchés, alors que la robotique humanoïde n'a pour l'instant pas dépassé le stade de plateforme de recherche et peine à trouver des applications. Si Elon Musk prévoit que son robot « révolutionnera toute l'économie », les scientifiques restent dubitatifs. « Dans la plupart des cas d'application présentés par Tesla, notamment décharger des machines, utiliser un robot humanoïde est inutile, juge Philippe Fraisse. Pour cela, un bras manipulateur, à la limite posé sur une base mobile, qui a l'avantage d'être plus stable et plus rapide que des jambes, suffit largement. » De quoi limiter l'ampleur de la nouvelle révolution du milliardaire.