



# Robotisation de la construction

Les métiers de la construction sont durs et souvent complexes. La robotisation progresse, de l'extérieur de la construction vers son intérieur. Si l'on commence à «imprimer» des carcasses de maison en 3D, les aides aux plaquistes, aux carreleurs, aux électriciens, aux plombiers, aux peintres, aux métiers des ouvrants,... sont très sommaires et les techniques de construction n'ont pas encore pris le virage de la robotique.

Le besoin est immense, depuis ceux qui n'ont pas de toit, jusqu'aux plus riches qui en ont trop, en passant par les chatelains pour la survie de leur demeure historique, les urbains qui vivent à l'étroit derrière de belles façades au milieu des bruits, du froid, de l'humide et du trop chaud, les gens des faubourgs dans leurs lugubres maisons, ceux des barres à loyer modéré, ceux des bidonvilles et des habitats précaires.

Le risque de l'industrialisation de l'habitat est l'uniformité imposée par les multinationales de la construction et l'oubli de ceux qui n'auront jamais les moyens d'un cadre de vie digne.

Par où commencer ? Par tous les bouts à la fois, tant la vie est diversifiée et imbriquée et que le bien vivre n'est pas le même pour tous. Le soleil, la pluie, la neige ont déterminé au long des siècles, au long de l'invention humaine technique et intellectuelle, des habitats rêvés par les uns, incompréhensibles aux autres. La première qualité de l'architecte devrait être l'humilité...

Faire des Schémas directeurs d'aménagement nationaux, des Plans locaux d'urbanisme, des Schémas de transports régionaux, résorber les bidonvilles, reconstruire les habitats insalubres, transformer les friches industrielles, voisiner les jeunes et les vieux,... simplifier les procédures administratives, élaguer les normes,... A quoi l'automatisation peut-elle être utile ? Pour quels enjeux ?

## **Le maquettage**

Les architectes et leurs idées folles ou réalistes et pragmatiques, les jeux vidéo tels que Simcity, la gestion participative,... peuvent aider à se projeter dans l'avenir, à rêver de chambres spacieuses, de pièces à vivre conviviales, d'activités sociales et professionnelles attractives. Le maquettage automatique doit illustrer tous les possibles : comment réhabiliter un village qui se dépeuple, un quartier désert,... Comment faciliter les rapprochements domicile-travail, résidence et consommation, travail et sport, éducation et culture,... ? A quand une maquette virtuelle qui montrera avec réalisme les difficultés pour traverser un grand boulevard avec une poussette ou aller à vélo chez son coiffeur ?

De la maquette au plan de réalisation de la ville qui se rénove, en digérant toutes les réglementations, les enquêtes d'utilité publiques, la lente évolution des esprits, le calcul des indemnités, les acquisitions foncières, sans faire le bonheur des gens malgré eux, en résistant aux cupides et aux avides, c'est là tout un programme où l'automatisation doit avoir sa place d'outil d'aide à des choix de destruction et de construction libres et éclairés. Le principal obstacle est sans doute l'éducation civique qui permettrait à chacun de voir le monde avec un peu de recul et de sociabilité.

De la ville au logement, à quand la maquette d'un habitat où le futur occupant pourra se voir, à l'aide des lunettes 3D comme s'il était assis dans son salon, tout étant calculé au millimètre près : les murs, les portes, les faux plafonds, les tuyaux et câbles de toutes sortes, la vue depuis le balcon en hiver comme en été... ?

## **Les réseaux souterrains et les chaussées**

Les réseaux souterrains peuvent être revus : un robot peut assurer les pénibles terrassements pour exhumer et excaver les vieilles conduites et les remplacer ou réparer beaucoup plus rapidement qu'à main humaine, voire avec les pelles mécaniques. Il convient d'innover dans les matériaux de remblaiement adaptés aux pressions verticales ou sismiques attendues et aux inévitables réouvertures de chaussée pour de nouveaux raccordements ou réparations. N'oublions pas non plus de dater et de localiser les travaux au centimètre près. Le robot saura faire ça mieux qu'un conducteur de chantier avec son calepin et sa transcription avec un logiciel horrible. A quand un raccordement au réseau d'eau potable en moins d'une demi-heure, avec une parfaite réfection de chaussée ? A quand le robot qui saura rénover les chaussées et les regards pour que les vélos y passent sans tressauter ? A quand le robot qui saura fabriquer une piste rugueuse destinée aux pneus des bus à guidage automatique ?

La réfection des chaussées et trottoirs est un travail long et coûteux, souvent coûteux parce que long. L'automatisation qui contribuera à la rapidité des travaux tout autant qu'à éviter les tâches pénibles, est un investissement gagnant, au prix d'évolutions technologiques importantes, avec de petits robots plutôt qu'avec de grosses machines.

La même démarche est à entreprendre pour les arbres et les éclairages qui se comptent en centaines de milliers. Pour l'éclairage, le photovoltaïque et les diodes doivent assurer la révolution des luminaires, avec contrôle sans fil et suppression des câbles d'alimentation.

Pour les arbres, pourquoi ne pas planter ceux-ci dans une cuve équipée d'un réservoir assurant le goutte à goutte, rechargeable par camion citerne au lieu d'un réseau de tuyaux complexe.

## **La démolition**

La rapidité des transformations ou des rénovations est un critère fort. Si la reconstruction ou la rénovation peuvent se faire en quelques jours, elle seront mécaniquement moins coûteuse qu'une transformation lente. La destruction d'une construction trop vieille, trop laide, trop lugubre, trop inconmode,... sera plus facile à envisager avec l'assurance de se retrouver très vite dans un habitat agréable.

Détruire pour reconstruire, ou vider pour renover, impose de réfléchir à l'habitat provisoire, aux conteneurs des affaires courantes qui permettent de rester quelques jours hors de ses meubles, aux conteneurs de meubles qui serviront de garde-meuble, aux procédures et outils de déménagement et de ré-enménagement. Peut-on rêver de robots qui dérangent et rangent ?

## **La construction**

Monter et descendre les escaliers, porter des charges lourdes, installer des matériaux en porte-à-faux, travailler accroupi, forer, soutenir. Le squelette et la mécanique humaine assurent cette variété de tâches, alors que les robots industriels ont un fonctionnement dédié à des tâches limitées. Le robot antropomorphe a l'avenir devant lui. Il peut faire mieux et plus vite et plus longtemps que l'homme. Dans un domaine aussi diversifié que la construction, pourquoi ne pas lui ajouter un troisième ou quatrième bras ou la faculté de monter son crâne à 2,50m. Pourquoi ne pas le programmer pour du travail à plusieurs. L'un tient, l'autre visse... A l'inverse, les technologies peuvent évoluer pour profiter des avantages de ces monstres à forme vaguement humaine.

### **Les fondations**

Les robots géomètres guideront l'excaveuse et le ferrailage puis implanteront l'imprimante à béton, en faisant respecter les passages de réseaux. Les robots disposent un radier de drainage puis des blocs de remplissage isolants qui serviront de soutien lors du coulage de la dalle. A moins que la dalle ne soit un carré préfabriqué (intégrant un isolant thermique biologique) soutenu par une croisée d'ogive ancrée sur quatre pieux vérinés.

Le logiciel aura tout prévu pour que tous les éléments s'emboitent du premier coup, avec tous les éléments antisismiques (ceintures en composite ?) et anti-inondation-humidité.

### **Le gros oeuvre**

Les murs sont construits soit avec une imprimante à béton cellulaire ou argile soufflée ou autre matériau porteur à structure isolante (thermique et acoustique), soit avec des panneaux préfabriqués emboitables, manipulables par les robots, depuis le conteneur de

livraison jusqu'à la mise en oeuvre, maçonnés en place (résine autocollante) ou jointés par préfabrication.

Le concept de conteneur gruté juste devant l'ouvrage, contenant tous les éléments préfabriqués rangés par ordre de montage, apporte la rapidité et l'adaptation à des robots constructeurs à 4 jambes et 4 bras télescopiques polyvalents. L'apport des nouvelles technologies est la faculté de tout ordonnancer et préparer en usine afin de simplifier les tâches des robots. Les conteneurs d'éléments de construction se succèdent dans l'ordre des besoins. On pourrait aussi créer des robots maçons travaillant de façon classique avec des palettes de parpaings et une bétonnière, les maçons humains se réservant pour les tâches plus complexes et moins pénibles, en particulier dans la rénovation.

### **Les réseaux intérieurs**

Le réseau électrique sera constitué d'un câble unique reliant les capteurs, les boutons, les prises, les actionneurs, les éclairages et la gestion du chaud et du frais et du froid, les émetteurs sans fil. Chaque élément est adressable et pilotable, connecté au réseau par induction, avec protection différentielle intégrée. Le réseau et les bobines primaires sont géolocalisés avant d'être cachés par le parement, afin que les éléments secondaires soient correctement placés en regard et que les perçages ultérieurs (pose de tableaux et autres appliques) n'abîment le câble. Reste à résoudre les modifications ultérieures, peut-être avec une bobine relai ? Les robots à 4 pieds et 4 bras assurent la pose du chemin de câble à rainure ouverte, en longueurs prédécoupées selon le plan, puis l'insertion du câble dans la rainure et le blocage des bobines primaires, puis le test du réseau avant la mise en place du parement. Après mise en place du parement, le robot assure les perçages et la pose des éléments électriques apparents.

Le réseau d'eau est une conduite unique passant dans toutes les pièces d'eau. Le robot assure la coupure générale de l'arrivée d'eau et la pose de la dérivation avec sa vanne d'arrêt, sur laquelle se branche le flexible utilisateur (normalisation des joints). Le réseau est géolocalisé.

Le réseau des eaux usées est un système similaire au réseau d'eau propre, avec des conduites plus larges.

Le réseau numérique est acheminé dans toutes les pièces par courant porteur sur une prise inductive, puis gagne l'élément utilisateur sans fil.

Le chauffage est au sol par serpentin déposé sur un isolant thermique, avec une ou plusieurs plaques chauffantes dans les murs (sous les fenêtres) ou avec une pompe à chaleur intégrée aux chambranles des ouvrants (air chaud pulsé par en bas et air frais pulsé par en haut). Le plafond peut aussi être équipé d'un serpentin pour fluide froid, collé au plafond sous un isolant thermique. La source de frais est sous le rez de chaussée (trappe d'accès). Les positions des accroches de plafond et des serpentins froids ou chauds sont géolocalisées. Le robot exécute le plan.

Le plancher est carrelé ou avec dalles flottantes : les éléments de sol (y compris la sous-couche ou le «couscous») sont livrés prédécoupés. Le robot fabrique le puzzle et les joints.

## **Le toit**

Le toit est à simple pente orientée au sud, entièrement photo-voltaïque et récupérateur de l'air chaud des panneaux, avec casquette au-dessus des murs ou des balcons et gouttière en partie basse. Des mâts éoliens peuvent être ajoutés. L'onduleur et le stockage d'énergie sont sous le rez de chaussée (trappe d'accès). La toiture moderne perturbe l'esthétique actuelle essentiellement dans les habitats individuels à moins de deux niveaux, où les couvertures sont visibles de la rue. Une maquette virtuelle de la construction dans l'environnement existant démontre les compatibilités et les incompatibilités. Les petits immeubles, dont la toiture ne se voit pas de la rue ont d'autres possibilités. Les techniques des toitures modernes doivent évoluer : la charpente (métallique ou composite) s'encastre sur l'ossature anti-sismique inférieure. Les panneaux sont auto-porteurs et interchangeables. Ils intègrent la couche photovoltaïque, la couche thermique, et la couche isolante. Le système de toiture prévoit les effets de la grêle et des ouragans de plus en plus probables du fait des changements climatiques. Les robots, capables de manipuler des charges plus lourdes que les couvreurs, ont un système de sécurisation contre les chutes (coup de vent, forte pluie,...). Par exemple, les robots savent monter et démonter très rapidement un échafaudage adapté : un seul coté vertical suffit à des robots qui savent monter à des échelles verticales. Ils peuvent aussi se déplacer suspendus à un treillis qui leur évite de marcher sur les panneaux. La charpente prévoit des éléments de liaison avec ces échafaudages.

Les robots savent poser les tuiles, les ardoises, les gouttières et les cheminées, ainsi que les linteaux et les charpentes dans le neuf ou la restauration. Ils savent poser des bâches de protection provisoires des toitures.

## **Les cloisons**

Les parois intérieures (murs et plafonds) sont recouvertes de panneaux à l'arrière isolant et souple pour assurer le passage des réseaux (hors conduits Wc) plaqués sur des «Velcro» et maintenus en haut et en bas par des plinthes vissées sur écrous muraux.

Les cloisons non porteuses sont sur joint élastique sur la dalle de sol et sur la dalle de plafond (isolation phonique), avec panneau isolant (acoustique et thermique) de chaque coté. Ces cloisons pré-fabriquées sont livrées sur palette à l'intérieur avant le montage des murs, en même temps que tout l'équipement intérieur

## **Les ouvrants et les parements**

Les robots mettent en place les ouvrants, les plans de travail horizontaux, les placards, les cuvettes, la robinetterie, l'électro-ménagers, les rideaux et assurent les peintures, les crépis ou les parements isolants extérieurs.

## **Les étages**

Les logements sont en général sur un seul niveau, plus facile à habiter qu'avec des escaliers. Les chambres font au minimum 15 m<sup>2</sup> et la pièce commune fait 25 m<sup>2</sup>, plus 5 m<sup>2</sup> par personne logée et au minimum 15 m<sup>2</sup> de cuisine. Le balcon permet de manger dehors.

Le nombre d'étages reste limité. L'ascenseur permet de monter un piano droit ancien, ou un vélo, ou une poussette bi-place. La nacelle est démontable (facilité et rapidité d'installation et de maintenance) et automotrice (batteries rechargeable par induction) avec moteurs à vis sans fin et contrepoids. A noter que les exosquelettes remplaceront les fauteuils roulants, qu'ils sauront monter les escaliers et permettront aux handicapés d'utiliser des toilettes classiques. Peut-être verrons-nous des robots nounous remplaçant les poussettes et portant les enfants dans les escaliers ?

Les robots sont aussi déménageurs, avec ou sans plan incliné pour monter aux étages.

## Conclusion

Les hommes ont appelé les robots. Ils arrivent, canidoïde Le chien de compagnie est un robot canidoïde, la réceptionniste de l'hôtel, le groom qui vous apporte le whisky, le robot qui fait du vélo sont des créatures androïde, un peu limitées certes, mais dont l'avenir peut donner le vertige. Le darwinisme amène à l'hypothèse que c'est grâce à sa polyvalence physique que l'homme a pu développer sa nature propre. Par exemple, l'organe vocal a conduit au langage. Avec deux pieds, deux mains avec cinq doigts dont un pouce chacune, l'homme a conçu des outils de toutes sortes, développant en parallèle ses capacités cognitives, de raisonnement et de conscience propre.

### Les robots constructeurs

Si l'on cherche quelles caractéristiques physiques il faut donner à un robot bâtisseur, on pensera intuitivement à un robot antropomorphe, capable de tous les mouvements d'un bâtisseur, avec plus de force, d'adresse, de régularité que les artisans humains du bâtiment, au prix de quelques évolutions dans les techniques.

Sachant qu'il est souvent plus pratique de travailler à deux que seul, dès lors qu'il faut transporter, soutenir en même temps que visser,... On peut imaginer un binôme de robots. Sachant aussi que le maçon ou le plaquiste regrettent souvent de ne pas avoir trois mains, ou trois pieds, pourquoi ne pas imaginer un robot à quatre jambes et quatre bras... D'où l'idée de robots androïdes siamois, qui pourraient unir leurs capacités soit comme une chimère à 4 jambes et 4 bras, soit comme deux androïdes agissant séparément et effectuant rapidement et sûrement toutes les tâches pénibles dans toutes les postures inconfortables auxquelles sont obligés les bâtisseurs : prendre et soulever 40 kg, poser une baignoire, raccorder les lavabos, peindre les plafonds...

Les robots constructeurs polyvalents ne sautent pas et ne courent pas, ce qui simplifie leur conception, mais ils montent et descendent les escaliers, peuvent travailler et marcher accroupis ou suspendus. Ils sont autant en marche avant qu'en marche arrière et peuvent faire demi-tour. La cheville tombe au milieu du pied. Le torse, les cuisses et les avant-bras sont télescopiques, pour une envergure totale de 3 m en hauteur ou en largeur. Le torse peut tourner sans fin autour des jambes. Le couplage inductif de l'énergie est généralisé sur toutes les articulations, permettant la rotation sans fin.

Le robot a des mains et des doigts qui peuvent devenir des outils de préhension (ventouse, aimant, crochet,...) ou de vissage, de soudage, de collage, de pincement ou de vision (qui ne rêve pas d'une caméra au bout du doigt !) ou d'éclairage.

En tête, le robot possède, 4 [caméras panoramiques](#) dos à dos, assurant sans tourelles une vision stéréoscopique sur 360°.

La transmission des ordres et des mesures au travers des articulations se fait par diode infrarouge (non brouillable). La transmission avec le superviseur se fait par internet sécurisé : le superviseur sait en permanence où se trouve le robot par GPS pour la position large et par triangulation optique pour la position précise au millimètre. Le robot sait définir les repères pour ses triangulations.

Le robot apprend par mimétisme ou par copie / apprentissage des mouvements décrits par l'homme dans un univers 3D virtuel ou l'homme démonstrateur a les mêmes possibilités que le robot. Le superviseur humain peut ainsi travailler à distance.

### **Les robots agriculteurs**

Un robot androïde conduisant un tracteur, conduisant les vaches vers des appareils à traire, gardant les moutons, sensible à l'odeur du loup, repiquant les salades, cueillant les pommes, posant les arroseurs, c'est peut-être une façon de maintenir en vie les petites entreprises agricoles.

Tailler les haies, curer les fossés, élaguer les arbres, pousser les brouettes, remuer le compost, toutes ces tâches que le jardinier ou l'agriculteur réalise par petits déplacements sont des applications pour robot androïde