

Le Transport Automatisé des Personnes

Applications, Technologies et Perspectives



ROBOSOFT S.A.

<http://www.robosoft.fr>

Novembre 2005

Ce document s'adresse à tous les acteurs concernés par les solutions de transport automatisé des personnes, à savoir les responsables économiques et techniques de sites protégés accueillant une grande densité de personnes devant se déplacer sur de courtes distances : les sites industriels et académiques, les centres commerciaux, les parcs d'attractions, parcs à thème et parcs culturels, les hôpitaux et maisons de retraite, les centres-villes piétons et semi-piétons, etc...

Il présente tout d'abord les différentes applications des solutions de transport automatisé, dès aujourd'hui et dans un futur proche, et en montre l'intérêt sur les plans économique, environnemental et social. Il décrypte ensuite les avancées technologiques qui autorisent ces solutions, dans les domaines de l'électronique, l'informatique, la vision et la communication, la mécanique, etc... Il en décrit enfin les perspectives, en s'appuyant sur des applications déjà opérationnelles, transportant chaque mois des dizaines de milliers de personnes, et en présentant les perspectives de marché et les projets de déploiement qui vont considérablement impacter les pratiques des transports individuels et collectifs dans les années à venir.

Table des matières :

Le transport automatisé de personnes : pour quelles applications ?4
Côté travail, côté loisirs..... 4
Nouveaux taxis et navettes..... 5
Des avancées économiques, environnementales et sociales 6
Des systèmes de transport plus sûrs 8

Les avancées technologiques8
Un laboratoire ambulant 8
Un nouvelle génération de véhicules 8
Les technologies embarquées dans les véhicules 9
Les technologies d'infrastructure 10

Les perspectives 12
Des applications déjà très opérationnelles..... 12
Un marché à fort potentiel de croissance 13

Conclusion 14

Remerciements 15

A propos de ROBOSOFT..... 15

Le transport automatisé de personnes : pour quelles applications ?

Côté travail, côté loisirs...

Imaginez vous dans l'une des situations suivantes :

1. **Vous sortez tout juste de votre réunion en centre-ville.** Votre prochain rendez-vous est prévu dans 20 minutes à quelques kilomètres d'ici, avec un important client. Vous êtes un peu juste en temps et c'est un rendez-vous stratégique, où il s'agit d'arriver à l'heure et en pleine possession de vos moyens.



Vous n'êtes cependant pas nerveux, car vous savez que vous arriverez frais et dispos, bien à l'heure à votre rendez-vous : en effet, avant votre précédente réunion, vous vous étiez connecté sur le site de ce client avec votre téléphone portable. Vous vous étiez identifié, aviez entré la localisation de votre précédent rendez-vous et l'heure prévue de votre réunion chez votre client : le système vous avait immédiatement répondu que *vo*tre robuCAB™ vous attendrait tout à côté de votre précédente réunion pour vous conduire à

votre destination.

Et c'est vrai ! votre robuCAB™ est bien là, n'attendant que vous. Vous vous installez confortablement, vous vous identifiez sur le terminal intégré et vous vous détendez : c'est parti. Souhaitez-vous découvrir la ville, les larges espaces vitrés du robuCAB™ vous laissent admirer l'architecture à loisir. Préférez-vous vérifier une information sur le Web pour préparer votre réunion, l'écran tactile intégré vous met l'information au bout des doigts. Dans tous les cas, vous êtes tranquillement transporté vers votre importante réunion par une petite voie privée, en toute sécurité...

2. **Vous êtes vraiment content de venir visiter ce parc culturel en famille :** vous vouliez y venir depuis si longtemps ! Aujourd'hui, vous souhaitez vraiment en profiter pour tout voir et enfin tout savoir sur la région.

Mais comment faire ? le parc est immense et les animations si nombreuses ! Comment faire pour tout visiter, avec votre petit Maxime qui commence tout juste à marcher et sa grande sœur Julie toujours si curieuse de tout ?



C'est là que les navettes automatiques robuRIDE™ entrent en action. Il vous suffit de choisir le type de visite que vous souhaitez. Vous prenez bien entendu la visite complète ! Ensuite, vous ne vous préoccupez plus de l'horaire : le système vous recommande le meilleur enchaînement pour que vous puissiez effectuer la totalité de votre parcours, tout en optimisant

en temps réel votre trajet pour vous éviter les files d'attentes aux animations.

De plus, en utilisant les navettes qui vous sont recommandées, vous êtes surpris de constater que chaque robuRIDE™ vous fait arriver juste à temps pour assister aux différentes animations multimédia programmées ! Mais comment font-ils ça ? Vous n'avez jamais attendu aucune navette, vous avez même pu satisfaire la grosse faim de Maxime, sans parler de Julie qui a passé un temps fou dans la boutique ! Mais peu importe : vous profitez de cette journée et c'est là tout votre objectif...

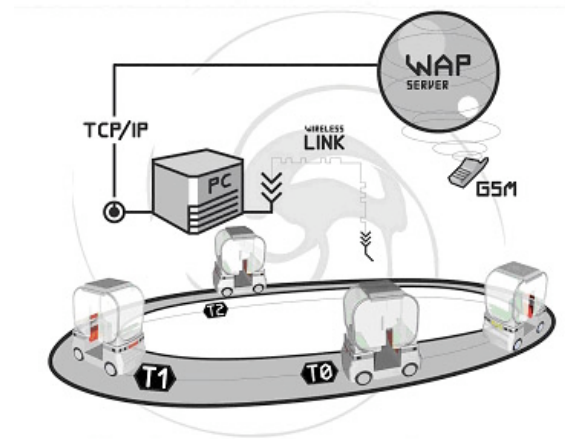
Nouveaux taxis et navettes

Tout cela n'est pas de la science-fiction. La plupart de ce qui est décrit dans ces scénarios est déjà d'actualité. Il s'agit de deux applications-types de transport automatique de personnes. L'une est de type *taxi* (transport individuel à la demande), l'autre de type *navette* (transport collectif préprogrammé). Ces nouveaux modes de transport s'appliquent à tous les sites protégés recevant une forte concentration de personnes ayant à se déplacer sur des distances relativement courtes, de l'ordre de quelques hectomètres ou kilomètres à **l'intérieur ou à l'extérieur**. On peut citer :

- **Les centres-villes** piétonniers et semi piétonniers,
- **Les campus industriels et académiques** comme les usines, les sites industriels, les complexes d'immeubles de bureau, les technopôles, les centres de recherche, les universités, les laboratoires, etc.
- **Les parcs publics** comme les parcs de loisir, les parcs de vacances, les parcs à thème, les parcs culturels, les sites historiques, les sites archéologiques, les grands musées, etc.
- **Les aéroports et les gares**, pour leurs connexions internes et externes à leurs terminaux, aux parkings, aux centres-villes, etc.
- **Les sites hospitaliers**, les maisons de retraite, les maisons de repos et de convalescence, etc.
- **Les centres commerciaux.**

Tous ces sites trouvent avantage dans les solutions de transport automatique de personnes. Soit en mode taxi, soit en mode navette, ou parfois par une combinaison des deux. Quelle que soit la solution choisie, elle met en œuvre un ensemble d'innovations technologiques au service de l'utilisateur et de l'exploitant :

- Une flotte de véhicules automatiques, ayant des capacités de localisation et de déplacements autonomes sur des routes privées (non ouvertes à la circulation des automobiles pour des questions d'agrément) ;
- Un système de gestion de la flotte, capable d'optimiser en temps réel le déplacement des véhicules en fonction des informations de contexte qui lui sont rapportées (affluence de demandes, heure de la journée, événements programmés, etc.) ;
- Des interfaces hommes-machines évoluées pour les usagers et les exploitants du site, pour leur interaction avec les véhicules et le système de gestion de la flotte (écrans LCD tactiles avec interfaces graphiques intuitives, interfaces vocales, dialogues en langage naturel...) ;
- Des systèmes de communications mobiles évolués dans les véhicules : Internet mobile, Wap, I-Mode sur réseaux GPRS ou UMTS...



Des avancées économiques, sociétales et environnementales

La disponibilité, la souplesse et le confort des solutions de transport automatique, associés à un attrait économique pour l'exploitant et l'utilisateur, permettent de les envisager comme un complément séduisant aux solutions traditionnelles améliorant globalement la qualité des services de transport.

Les solutions de transport automatique contribuent ainsi aux politiques de développement durable en apportant des avantages à la fois de nature économique, sociétale et environnementale :

Sur le plan économique, les solutions de transport automatique apportent une grande flexibilité et une réduction des coûts d'exploitation pour un investissement limité :

- **Flexibilité d'exploitation** car les véhicules sont disponibles 24h/24, 365j/365, en nombre voulu : c'est la taille du parc de véhicules qui fixe les limites de la solution, et non pas la disponibilité des chauffeurs comme dans une solution de transport traditionnelle. Le parc de véhicule lui-même est optimisé, le système de gestion de la flotte *robuFLEET Manager™* donnant toutes les informations nécessaires à l'exploitant, étant capable de calculer à tout moment la taille optimale de la flotte pour répondre aux critères voulus de rentabilité, disponibilité, etc.

- **Réduction des coûts d'exploitation.** Dans les systèmes de transports en commun, les coûts salariaux représentent jusqu'à 70% des coûts d'exploitation. Les solutions de transport automatique *robuCAB™* et *robuRIDE™* réduisent considérablement les coûts d'exploitation par rapport aux solutions traditionnelles, du fait de l'absence de chauffeur. À noter également qu'un fonctionnement automatique protège plus les équipements des erreurs humaines, ce qui a également tendance à réduire les coûts de maintenance.
- **Des coûts d'investissement limités :** les véhicules *robuCAB™* et *robuRIDE™* demeurent d'un coût inférieur aux véhicules traditionnels de même capacité du fait qu'ils ont été conçus spécifiquement pour les applications de transport automatique. Par exemple, un *robuRIDE* 22 places coûte de 30 à 40% moins cher qu'un autobus électrique de 15 places. Seuls les coûts d'infrastructure (guidage et sécurité) peuvent différer d'un site à l'autre, en fonction de l'environnement dans lequel les *robuCAB™* et *robuRIDE™* évoluent.
- **Un service pouvant être rentabilisé :** les premières études montrent que les utilisateurs seraient prêts à payer jusqu'à 2 € pour une course, et que des sponsors pourraient être intéressés par l'originalité de ces véhicules pour mener des actions de communication marketing.

Sur le plan sociétal, les solutions de transport automatique constituent une avancée significative sur la façon dont les gens peuvent organiser leurs déplacements internes aux centres à forte concentration, que ce soit dans un cadre professionnel ou privé :

- **Un développement de l'intermodalité :** en complétant les modes existants, les systèmes de transport automatique sont un outil pour favoriser les politiques de déplacement en faveur des transports en commun. S'ils interviennent très peu en périphérie de ces centres (au-delà de 5 Km), ils favorisent une nouvelle approche des déplacements par rapport au réflexe tout automobile : « je prends le bus puis la navette automatique, c'est moins cher et je gagne du temps, j'ai moins d'imprévus et je peux lire mon journal ».
- **Une amélioration pour les déplacements des personnes à mobilité réduite :** au-delà de l'amélioration du service public, les *robuCAB™* et *robuRIDE™* contribuent à rendre les déplacements de proximité plus faciles pour les personnes à mobilité réduite comme les handicapés ou les personnes âgées.

Enfin, sur le plan environnemental, les solutions de transport automatique constituent une avancée déterminante vers la mise en oeuvre de véhicules propres :

- **Pas de pollution atmosphérique ni de bruit :** la propulsion étant électrique, les *robuCAB™* et *robuRIDE™* ne rejettent aucun gaz d'échappement ni de particules lourdes, nocifs pour l'environnement, et ils sont totalement silencieux ;

Des systèmes de transport plus sûrs

L'automatisation des véhicules de transport les rend moins sensibles aux erreurs humaines qui sont la plupart du temps à l'origine des incidents constatés. D'autre part, les réglementations imposées aux systèmes automatiques, qui sont beaucoup plus contraignantes que les règles de sécurité avec chauffeur, obligent les fournisseurs à mettre en œuvre plusieurs niveaux de sécurité qui n'existent pas sur les véhicules traditionnels : vitesse limitée, détection des obstacles, arrêts d'urgence automatiques et manuels ... Les robuCAB™ et robuRIDE™ ont été conçus en conformité avec la directive machine européenne (98/37) et son annexe transport de personnes, et sont conformes en termes de compatibilité électromagnétique avec le marquage CE. Les installations complètes font ainsi l'objet d'un audit de sécurité par un organisme agréé avant toute mise en service.

Les avancées technologiques

Un concentré de nouvelles technologies

Une solution de transport automatique de personnes constitue à elle seule un véritable laboratoire de technologies d'avant garde, dans des domaines scientifiques aussi variés que l'électronique, l'informatique, les télécommunications, l'optique, l'électromagnétisme, l'électricité, la mécanique, etc. C'est aujourd'hui la conjonction des avancées technologiques de la robotique mobile, de l'informatique automobile et des télécommunications qui permet de réaliser des applications opérationnelles de transport automatisé de personnes qu'on pouvait imaginer encore du domaine du laboratoire pour quelques décennies¹.

Pour décrire quelques-unes des technologies rendant possibles de telles applications, on peut les classer en 3 catégories : les véhicules, les technologies embarquées, et les technologies attachées à l'infrastructure de gestion du système.

Une nouvelle génération de véhicules

Les robuCAB™ et robuRIDE™ sont plus proches des robots mobiles que des véhicules traditionnels électriques. Ils sont conçus pour que toutes leurs fonctions (accélérations, freinage, direction ...) soient pilotables par un système informatique. Toutes ces fonctions sont également équipées de capteurs afin de fournir des retours d'informations au système de

¹ Un parallèle peut d'ailleurs être imaginé avec la conjonction des technologies d'hyperliens, des technologies réseaux et des équipements informatiques personnels (PC), qui a brutalement fait émerger une application aujourd'hui triviale et universelle : le World Wide Web...

pilotage automatique. Ils exploitent le concept « drive-by-wire », issu de l'aéronautique, qui supprime tous les éléments de transmission mécanique comme les colonnes de direction, les arbres d'entraînement, les mécanismes à biellettes... La conséquence directe est que les véhicules de ce type sont extrêmement simples, et que les volumes ainsi libérés peuvent être exploités au mieux pour accueillir les passagers et optimiser leur confort, avec des multitudes d'aménagements possibles. Ils sont ainsi très modulaires et personnalisables pour prendre en compte la multiplicité de la nature des passagers, mais aussi des conditions d'environnement comme le climat, la sécurité ...



Les technologies embarquées dans les véhicules

Les technologies matérielles et logicielles de contrôle-commande

Le système informatique de contrôle des robuCAB™ et robuRIDE™ est bâti sur un réseau de microcontrôleurs MPC555 (Motorola), spécialement conçus pour les prochaines générations de voitures haut de gamme. Cette architecture modulaire permet de placer autant de microcontrôleurs qu'il est nécessaire, et de les répartir dans le véhicule. Ils sont reliés entre eux par un réseau de terrain CAN, l'un des standards dans le monde de l'automobile. Les logiciels sont développés en utilisant l'environnement SynDEx, conçu par des chercheurs de l'INRIA, et qui permet de générer automatiquement des applications distribuées temps-réel robustes et à fortes contraintes sur un nombre quelconque de microcontrôleurs.

Les technologies de navigation

Les robuCAB™ et robuRIDE™, grâce à leur architecture de contrôle-commande spécifique, sont adaptées à tous les systèmes de guidage immatériels disponibles à ce jour :

- Le fil inductif enfoui, le plus simple et le moins cher, mais qui reste limité à des parcours simples ;
- Les transpondeurs ou plots magnétiques, également enfouis dans le sol ;
- Les lasers, avec réflecteurs sur des surfaces verticales ;
- Le GPS, qui permet une localisation précise en temps réel grâce aux satellites, sans aucune infrastructure supplémentaire.

La modularité de l'informatique embarquée permet de choisir, pour chaque application, le système de guidage le mieux adapté.

Les technologies de détection et d'évitement d'obstacles

Les robuCAB™ et robuRIDE™ disposent de 2 types de capteurs pour détecter les obstacles :

- Une (ou plusieurs) nappe laser ;
- Des capteurs à ultrasons.

Comme pour le système de guidage, ce choix permet d'adopter la configuration qui convient le mieux à l'environnement dans lequel les robuCAB™ et robuRIDE™ évoluent. Ce choix est également dicté par les contraintes de certification, qui varient également d'un site à l'autre.

Les technologies d'accrochage immatériel de véhicules

Les robuCAB™ et robuRIDE™ peuvent être dotés d'un système d'accrochage immatériel qui permet de constituer des trains de véhicules pour moduler le débit du système. Cet accrochage immatériel utilise soit un laser placé à l'avant de chaque véhicule, soit une caméra linéaire traitant des balises émettrices installées dans le véhicule précédent.

Les technologies d'interface homme-machine

En tant que véhicule « informatisé », l'interface entre les robuCAB™ et robuRIDE™ et les utilisateurs s'appuie sur les techniques les plus récentes de la micro-informatique en matière d'interface homme-machine : joystick pour les déplacements, interface tactile, écran graphique ... Dans un proche avenir, des produits de synthèse et de reconnaissance de parole vont être intégrés.

Les technologies du multimédia

Les robuCAB™ et robuRIDE™ peuvent être équipés de systèmes multimédia, comme par exemple lorsqu'ils sont synchronisés avec des effets scénographiques internes ou externes au véhicule. Ces équipements multimédia embarqués peuvent aussi servir à renseigner les passagers sur les lieux traversés, ou à diffuser des messages publicitaires.

Les technologies d'infrastructure

Les technologies de gestion de flottes de véhicules

L'ensemble des véhicules, qui constitue une flotte, est piloté par un logiciel de supervision qui a pour rôle de gérer à tout instant l'ensemble des demandes par rapport à la situation instantanée de tous les véhicules, et de prendre les décisions qui permettent d'optimiser les temps de déplacements. Cette gestion de flotte prend également en

compte les retards ou incidents d'exploitation pour re-planifier instantanément l'ensemble des opérations. Ce système de supervision utilise les technologies les plus récentes en matière d'algorithmes d'optimisation.

Les technologies de communication

Pouvant être considéré comme un accès mobile à Internet, les robuCAB™ et robuRIDE™ sont compatibles avec les standards de la téléphonie mobile, que ce soit les accès Internet (Wap et iMode) ou le GSM et le GPRS. Ces technologies de communication permettent ainsi de fournir aux usagers une information simple et précise sur les itinéraires et horaires des moyens de transport proposés.

Les perspectives

Des applications déjà très opérationnelles

Dès aujourd'hui, ce sont des dizaines de milliers de personnes qui sont transportées chaque mois par des véhicules automatiques. Au fort du Simserhof, à Bitche en Moselle, Robosoft a installé la première solution entièrement robotisée de transport collectif pour le tourisme culturel. Ce fort, l'un des plus célèbres de la ligne Maginot, a été ouvert au public en



juillet 2002 pour y conserver le souvenir des soldats qui l'ont vaillamment défendu. Pour reconstituer la vie de ces soldats, les visiteurs sont conviés à une promenade de 30 minutes à l'intérieur du fort, à bord de robuRIDE™ entièrement automatiques et coordonnés avec un spectacle tout à fait exceptionnel. C'est la première solution de transport automatique jamais mise en œuvre à grande échelle pour assurer un spectacle

de groupe : 45.000 personnes ont été transportées entre juillet et novembre 2002. C'est plus de 80.000 personnes qui sont attendues pour la saison 2003.

D'autres sites sont actuellement à l'étude :

- Le nouveau site de Canal+, en région parisienne à Louveciennes, où 25 véhicules sont envisagés pour acheminer les visiteurs vers les différents bâtiments de ce tout nouveau site sans voiture ;
- Le centre-ville d'Antibes, où des navettes automatiques pourraient être utilisées pour desservir différentes destinations de la ville, dans le but d'interdire une partie du littoral aux voitures et de le rendre aux piétons et aux cyclistes ;
- Le pôle Minatec, à Grenoble, où le concept « 0 voiture » conduit à envisager des navettes automatiques reliant les parkings extérieurs au centre du parc technologique, ainsi que pour permettre les déplacements à l'intérieur même du site ;
- Le parc d'attraction Spyland (prévu dans la région d'Aix-en-provence en 2005), pour mettre en place une gestion originale du taux de charge de ses attractions sur la base de transferts rapides d'un grand nombre de visiteurs d'un endroit à l'autre du parc ;
- ...

Un marché à fort potentiel de croissance

Il est difficile de dimensionner précisément le marché des solutions de transport automatique de personnes. On constate toutefois que le potentiel de croissance de ce marché est considérable : si l'on raisonne en termes de marché cible (*TAM : total available market*), on recense sur l'Europe plus de 40.000 sites répondant dès aujourd'hui aux caractéristiques cibles : sites protégés recevant une forte concentration de personnes ayant à se déplacer sur des distances de quelques hectomètres ou kilomètres.

Parmi ces sites, certains sont d'ores et déjà aptes à mettre en œuvre immédiatement des solutions de transport automatisé : les campus industriels et académiques, les parcs d'attractions, les parcs culturels et les parcs à thème en particulier. Ensuite viendront probablement les applications dans les gares, les aéroports, les centres commerciaux ou les hôpitaux, plus dépendantes de l'infrastructure locale. Puis se développeront les applications de centres-villes, impliquant un nombre fortement croissant d'usagers.

La taille et le coût des solutions de transport automatisé vont considérablement varier en fonction du type d'application installée et de la maturité des marchés : on estime qu'en moyenne, une application de transport automatisé comprendra une flotte de 5 véhicules en 2007, de 15 véhicules en 2010 et de 30 véhicules en 2012. Corrélativement, le coût des solutions de transport automatisé va considérablement chuter : ramené au véhicule (en amortissant sur chaque véhicule les coûts d'étude, d'infrastructure et de mise en œuvre), ce coût va évoluer de 100K€/véhicule en 2007 à près de 20K€/véhicule en 2012 en moyenne.

Enfin, si l'on estime à moins de 0,1% le taux de pénétration effectif des solutions de transport automatisé en 2007 pour atteindre 0,5% en 2009, on découvre un marché particulièrement dynamique, qui évolue d'un potentiel estimé à 200 véhicules en 2007 à 11.700 véhicules en 2011. En valeur, c'est un marché de plus de 20 millions d'Euros dès 2008.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nombre total de sites (milliers)	40	42	45	48	51	55
Taux de pénétration	0,1%	0,1%	0,5%	0,5%	1%	1%
Nombre moyen de véhicules par site	5	6	8	15	23	30
Marché cible (en milliers de véhicules)	0.2	0.25	1,8	3,6	11,7	16,5

Conclusion

Ce document s'attache à montrer les principaux intérêts et enjeux des différentes applications de transports automatisés de personnes : intérêts économiques de solutions souples et adaptables, à faibles coûts d'exploitation en particulier, enjeux sociétaux car solutions non polluantes, silencieuses et sécuritaires, moins sensibles aux erreurs humaines.

On y explique également comment les avancées technologiques récentes de la robotique mobile, de l'informatique automobile et des télécommunications rendent aujourd'hui possible la réalisation d'applications opérationnelles de transport automatisé de personnes qui semblaient encore du domaine de la science-fiction il y a quelques années. De la même façon qu'un téléphone portable est un concentré de haute technologie, un système de transport automatisé de personnes met en œuvre un nombre impressionnant de technologies et de sciences appliquées.

Enfin, on montre à quel point le marché des applications de transport automatisé de personnes est déjà mature et ouvert : nombre d'applications sont déjà opérationnelles et le potentiel d'autres applications est également considérable, avec un marché européen dépassant rapidement 1 milliard d'Euros dans les 5 prochaines années.

Dès aujourd'hui, tout exploitant de site protégé accueillant une grande densité de personnes devant se déplacer sur de courtes distances peut considérer une solution de transport automatisé comme une solution pertinente par sa fiabilité, sa rentabilité économique et ses avancées sociétales et sécuritaires.

Remerciements

- L'INRIA, et plus particulièrement les projets IMARA et VISA
- La Commission Européenne, pour le financement des projets CyberCars et CyberMove
- Le Ministère de la Recherche Français qui finance le projet eBus

À propos de ROBOSOFT

ROBOSOFT possède et développe un grand savoir-faire dans l'automatisation des activités de service. Son expérience de plus de 18 ans lui permet de fournir des solutions de robotique opérationnelles dans des domaines aussi variés que les transports, la propreté, la surveillance et la santé.

ROBOSOFT a réuni les compétences nécessaires à une parfaite maîtrise de tous les domaines scientifiques et techniques liés à la robotique : l'informatique, la mécanique, l'électronique et le contrôle automatique. Désireux de couvrir au mieux les demandes de ses clients, ROBOSOFT a également développé une activité de distribution et offre aujourd'hui, en plus de ses solutions clé en main, un vaste choix de composants et sous-ensembles génériques.

Outre les centres de recherche publics et privés, les clients de ROBOSOFT sont essentiellement les exploitants de grands bâtiments et sites accueillant du public (hôpitaux, aéroports, musées, centres commerciaux, gares, campus, parcs d'attraction ...) et les prestataires de services spécialisés (réseaux de transport en commun, entreprises de nettoyage, entreprises de gardiennage ...).

Contacts :

- Vincent Dupourqué, Président du Conseil d'Administration :
vincent.dupourque@robosoft.fr
- Dominique Villenave, Responsable Commercial :
dominique.villenave@robosoft.fr
- <http://www.robosoft.fr>