

*Club de réflexion du CHEAr, Centre des Hautes Etudes de
l'Armement de la Délégation Générale pour l'Armement
(DGA)*

**"Quelles recherches en robotique pour les
applications futures de la Défense (contexte
terrestre et naval) ?"**

Rapport Final

Sous la présidence de Philippe Coiffet

Participants:

Delphine Dufourd

Olivier Evain

Christian Fisanne

Raymond Fournier

Aurélien Godin

Simon Lacroix

Olivier Lecointe

Dominique Luzeaux

Robert Millet

Patrick Peras
Jean-Philippe Quin
Bernard Vignand

Rapporteur: Agnès Colin

Février 2006

Avant-propos

Le Centre des Hautes Etudes de l'Armement (CHEAr) de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA), a créé en décembre 2004, un club de réflexion avec des acteurs de l'industrie de l'armement et des universitaires, occasion d'un dialogue fructueux et informel en dehors des schémas institutionnels classiques. L'accueil très favorable rencontré par cette initiative a conduit à une très bonne implication des participants. Cette diversité d'appartenance a permis une confrontation intéressante d'idées et de points de vue.

Le sujet traité a été la robotique et plus précisément la politique de recherche à mener pour disposer à l'horizon post-2015 des briques technologiques nécessaires pour développer des systèmes robotisés. L'ensemble des membres du club s'est accordé sur la pertinence de ce sujet pour nourrir les travaux de prospective technique du ministère de la défense.

J'ai eu le privilège d'être désigné président du club par ses membres pour conduire et animer les travaux en relation avec l'équipe de la réflexion stratégique du CHEAr. J'ai le plaisir, à ce titre, de diffuser, à l'issue d'une année de travail, le rapport de notre club de réflexion. Ce document se veut synthétique – une quarantaine de pages – pour être utilement exploité.

L'ensemble des membres du club forme le vœu que les recommandations qu'il formule trouvent un écho favorable au sein de la communauté armement.

Philippe Coiffet

Directeur de Recherche au Laboratoire de
Robotique de Versailles

Membre de l'Académie des Technologies

AVERTISSEMENT

Les membres du club s'expriment en leur nom propre. Leurs propos ne sauraient engager ni le CHEAr, ni la DGA, ni le ministère de la défense, ni aucun des organismes auxquels ils appartiennent. Le présent rapport final est

une synthèse aussi consensuelle que possible de l'ensemble des idées et opinions exprimées par les membres.

Les idées, opinions ou recommandations formulées dans le présent rapport ne sauraient en aucun cas être considérées comme l'expression d'une position officielle.

RESUME

Le CHEAr a animé durant une année un club de réflexion et de recherche en Robotique dont l'objet est de nourrir la réflexion prospective des cadres et des responsables de la DGA, et plus largement du ministère de la Défense, de l'industrie et du monde scientifique.

Les progrès techniques réalisés dans le domaine de la robotique, l'évolution du contexte opérationnel et les nouvelles menaces qui se font jour, conduisent à s'interroger, dans le cadre de la prospective, sur les nouvelles potentialités et les applications de la robotique pour les systèmes de Défense **à l'horizon post-2015**.

Ainsi, en faisant se rencontrer des scientifiques du domaine (universitaires et industriels) et des représentants de la Défense, ce groupe de travail a permis de fournir une réflexion croisée en vue de préciser ce que l'on peut attendre des recherches actuelles et à venir ainsi que des attendues de la problématique robotique terrestre et navale.

La démarche retenue a consisté à identifier au travers de l'état de l'art actuel et des missions envisageables à cet horizon post-2015, les points clés technologiques, d'encourager les travaux de recherche à la DGA sur les items de recherche retenus et de fournir des éléments pour construire une politique technique en robotique militaire.

Une liste de thèmes de recherche est ainsi proposée en fin de document (annexe 3) ; elle constitue le cœur de nos travaux et représente l'offre technologique qui serait disponible pour construire les robots aptes à exécuter les missions opérationnelles à l'horizon post-2015.

Cette réflexion permet de souligner que la DGA n'a pas, aujourd'hui, de véritable politique de développement de démonstrateurs technologiques et opérationnels de systèmes robotisés (terrestres et marins) . Un certain nombre de pistes de réflexions et d'actions permettant de s'en donner les moyens sont suggérés au paragraphe 5, autour des quatre axes suivants :

Axe 1 : Rédaction au sein du Ministère de la Défense d'un schéma directeur en robotique (à la façon des master plans américains).

Axe 2 : Lancement de démonstrateurs de robotique terrestre et/ou marine.

Axe 3 : Préparer l'insertion des robots dans les Forces.

Axe 4 : Mise en place par la DGA d'une politique de recherche amont en robotique sur les axes identifiés du tableau de synthèse de l'annexe 3.

SOMMAIRE

CLUB DE RÉFLEXION DU CHEAR, CENTRE DES HAUTES ÉTUDES DE L'ARMEMENT DE LA DÉLÉGATION GÉNÉRALE POUR L'ARMEMENT (DGA).....	1
1. INTRODUCTION.....	8
1.1 RAPPEL DES OBJECTIFS DU CLUB.....	8
1.2 LA DÉMARCHE RETENUE.....	9
2. LE CONTEXTE OPERATIONNEL	10
2.1 LE CONTEXTE.....	10
2.1.1 LE BESOIN OPÉRATIONNEL TERRESTRE	11
2.1.2 LE BESOIN OPÉRATIONNEL NAVAL.....	12
2.2 RAPPEL DE QUELQUES EXIGENCES OPÉRATIONNELLES IMPOSÉES PAR L'UTILISATION DES ROBOTS.	13
3. UN APERÇU DE L'ÉTAT DE L'ART DU DOMAINE.....	13
3.1 CAS DE LA ROBOTIQUE TERRESTRE	14
3.2 CAS DE LA ROBOTIQUE NAVALE.....	15
3.3 CONCLUSIONS ET REMARQUES SUR LES ACTIONS DGA EN COURS.....	17
17	
4 SYNTHÈSE DES THÈMES DE RECHERCHE.....	17
5. RECOMMANDATIONS.....	20
6. ANNEXES.....	24
ANNEXE 1 : DOCUMENT SUR LA SURVEILLANCE DE ZONE PAR UN ROBOT MOBILE TERRESTRE.....	24
ANNEXE 2 : LISTE DES ÉTUDES EN COURS.....	36
ANNEXE 3 : LISTE DES THÈMES DE RECHERCHE.....	39
ANNEXE 4 : MANDAT DU CLUB DE RÉFLEXION ET DE RECHERCHE	54

1. INTRODUCTION

1.1 Rappel des objectifs du club

Les progrès en miniaturisation, microélectronique et micromécanique et les nouvelles capacités des systèmes de traitement de l'information et de communication créent aujourd'hui les conditions technologiques favorables au développement de robots mobiles. Les progrès en sciences cognitives et ceux réalisés dans la compréhension du vivant ouvrent la porte à de nouvelles avancées sur les capacités d'apprentissage et d'intelligence d'entités artificielles, matérielles et à leur introduction dans des environnements en forte interaction avec l'homme.

En faisant se rencontrer des scientifiques du domaine (universitaires et industriels) et des représentants de la Défense, ce groupe de travail avait vocation à fournir une réflexion croisée en vue de préciser ce que l'on peut attendre des recherches en robotique à l'horizon post-2015, pour les besoins Défense et au final mieux cerner certaines problématiques liées à l'utilisation de ces robots.

Les applications possibles de la robotique sur le champ de bataille et dans le milieu marin ont été examinées.

Les drones aériens (UAV) ne font pas partie volontairement de cette réflexion prospective car le sujet est déjà bien couvert contrairement aux deux domaines précités ; des démonstrateurs technologiques de drones aériens (ex : NEURON) et des développements sont en cours.

Ils ne sont cependant pas totalement écartés de notre analyse dans la mesure où des utilisations conjointes et coordonnées de robots de surface (terrestres et navals) avec des robots aériens sont envisagées.

Pendant son année d'existence, le club s'est réuni une fois par mois pour travailler sur la détermination des thèmes de recherche prioritaires à soutenir et sur la définition des attendues de la robotique militaire terrestre et navale.

Le mandat du club est joint à la fin du rapport.

1.2 La démarche retenue

La démarche retenue a consisté, au travers de l'état de l'art actuel et des missions envisageables à l'horizon post-2015, à identifier les points durs technologiques et techniques, à essayer d'encourager les travaux de recherche à la DGA sur les items retenus et à fournir des éléments pour construire une politique technique en robotique militaire.

Une liste de thèmes de recherche est ainsi proposée en fin de document (annexe 3) ; elle représente l'offre technologique qui serait disponible si ces recherches reçoivent le soutien nécessaire. Cette offre permettrait de développer des systèmes robotisés aptes à exécuter des missions opérationnelles à l'horizon post-2015.

Le club a eu la volonté de donner des priorités technologiques sur l'ensemble de ces items, mais l'exercice s'étant révélé difficile au cours de nos travaux , nous n'avons pas donné suite.

Parallèlement à ses travaux, le CHEAr a organisé le 21/09/05 un séminaire sur la robotique en matière de Défense et de sécurité, au cours duquel des membres du club sont intervenus en tant que conférenciers.

Cette manifestation a remporté un vif succès et a donné l'occasion à des représentants de haut niveau de la communauté étatique et scientifique d'échanger idées et points de vue.

Les travaux de la matinée ont porté sur :

- les menaces futures et l'expression du besoin opérationnel,
- les études en cours à la DGA,
- les technologies matures et les ruptures attendues dans les prochaines années.

La vision de nos partenaires étrangers sur la place de la robotique sur le champ de bataille a également été examinée au travers du programme américain FCS (Future Combat System).

L'après-midi a été consacrée à :

- la question de l'acceptabilité des robots dans les forces (aspects sociologiques, psychologiques et juridiques) ;
- l'examen de la base industrielle et technologique envisageable pour la robotique.

La journée s'est conclue sur un aperçu de ce que proposent les services de la Commission européenne dans leur futur programme de recherche pour la sécurité et le 7ème PCRD.

Un relevé des actes du séminaire sera disponible sur le site Internet du CHEAr, www.chear.defense.gouv.fr.

Les travaux de cette journée ont aidé le club à construire les recommandations de ce rapport et à proposer des pistes de réflexion pour soutenir les recherches dans le contexte naval et terrestre .

Une des principales conclusions de cette journée et la recommandation majeure émise par les membres de ce club s'articule autour du constat suivant : **il y a nécessité à mettre en place une politique technique de développement de systèmes robotisés visant à fédérer les recherches et permettant de tester des matériels.**

Le club présente ici le résultat de ses travaux de réflexion et suggère des actions pour remédier aux problèmes identifiés.

2. LE CONTEXTE OPERATIONNEL

Le système robotique comporte trois entités physiques : le système lui-même (composé du ou des robots ainsi que du ou des postes de commande), l'environnement et l'humain; ce sont les interactions entre ces entités qui permettent l'exécution des tâches confiées au robot: la perception, l'action, la décision, la communication avec une ou plusieurs personnes et un ou plusieurs autres systèmes.

Les systèmes robotisés s'inscrivent dans un contexte de réduction des formats des armées. Ils correspondent à la volonté de diminuer les risques encourus par les soldats.

Mais l'introduction des systèmes robotisés au sein d'un système de combat soulève un certain nombre de questions d'ordre sociologique et politique : acceptabilité (par les opérationnels, les forces alliées ou la population civile), impact sur l'opinion publique, impact juridique (national, international) et effet dissuasif.

Une étude prospective récente (EPMES intitulée ROBSOL, pilotée par DGA/D4S/CAD) a eu pour objet de faire un point de situation dans ce domaine. Partant de l'hypothèse que l'homme sera toujours dans la boucle de contrôle/commande du robot, ses conclusions montrent qu'il n'y a pas de freins juridiques quant à l'utilisation de robots dans le cadre d'opérations extérieures. Cette position devra être cependant reconsidérée lorsque les robots deviendront plus autonomes. Il reste néanmoins acquis que l'utilisation de moyens létaux par des robots est strictement soumise à une décision humaine de déclenchement du feu pour respecter les engagements pris lors de la signature de la convention d'Ottawa.

Sur les aspects psychosociologiques liés à l'utilisation des robots au sein des forces, une synthèse rédigée par le CNE Gardinetti (pour le séminaire du LSA du 21/09/05) présente une très intéressante analyse de cette problématique ; se reporter au compte-rendu du séminaire LSA mis en ligne sur le site Internet du CHEar.

2.1 Le contexte

Les trois objectifs principaux donnés à la robotique sont d'une manière générale :

- la réalisation de missions dangereuses pour l'homme afin d'éloigner ce dernier du danger,
- l'accroissement de l'efficacité opérationnelle des forces (augmentation de l'allonge, meilleure couverture de l'espace de bataille,...),
- la réalisation de tâches pénibles ou répétitives afin de réaffecter des ressources humaines qui y sont employées à d'autres tâches.

2.1.1 Le besoin opérationnel terrestre

La robotisation dans les forces terrestres est un enjeu majeur du futur. En effet, si elle est porteuse de nouvelles perspectives opérationnelles, elle modifie aussi profondément la place de l'homme dans l'espace de bataille.

De l'analyse d'études prospectives menées récemment par le Ministère de la Défense (annexe 2), il ressort que les missions terrestres allouées aux robots s'articulent à ce jour autour de quatre axes :

- le renseignement : rechercher et acquérir du renseignement dans des conditions difficiles (contraintes d'environnement ou ambiance de combat),
- l'intervention (investir un bâtiment, contrôler un secteur),
- le contre minage, la détection et la neutralisation des mines,
- la surveillance de zone.

Ces missions évolueront probablement en fonction des technologies disponibles d'ici 15 ans en matière de locomotion, autonomies diverses, intelligence, etc.

La numérisation actuelle du champ de bataille prépare d'ailleurs l'arrivée de systèmes robotisés; elle devrait permettre leur connexion au système de génération et de suivi de missions.

Le club a essayé de définir plus précisément les missions opérationnelles auxquelles seraient confrontés les futurs robots. Ce travail a été rendu particulièrement difficile par l'absence de besoin opérationnel exprimé et précis.

Pour faire avancer notre réflexion, l'ETAS a fourni un document de synthèse concernant la mission de surveillance de zone (joint en annexe 1) qui a été utilisé comme fil conducteur et a permis de définir les différents thèmes technologiques de recherche pour répondre à ce besoin opérationnel.

La surveillance de zone requiert actuellement des moyens humains qui, dans le cadre de l'exécution de leurs actions, se trouvent à la fois exposés à d'éventuelles agressions et soumis à des conditions parfois difficiles (niveau d'attention très élevé requis pendant une longue période de temps, conditions climatiques...).

L'utilisation de robots pour la réalisation de missions de surveillance de zone permet, d'une part de positionner les opérateurs du système dans un environnement évitant leur exposition aux conditions environnementales et, d'autre part, de les éloigner de la menace, tout en leur permettant de réaliser depuis un poste de contrôle, à l'aide de capteurs déportés et de moyens d'alerte, les observations nécessaires à leur mission (la pose de capteurs déportés suppose dès le départ la connaissance et la maîtrise de la zone à surveiller).

La surveillance de zone ne peut néanmoins donner sa pleine mesure en se limitant à l'exploitation de robots mobiles terrestres.

L'étape suivante est donc leur intégration dans un système plus vaste, réunissant drones, capteurs déposés et robots, permettant un contrôle optimal de l'espace, capable de fournir la meilleure information possible aux unités à distance et d'opérer en synergie (opérations réseau-centrées).

2.1.2 Le besoin opérationnel naval

Dans le cadre des applications marines, on distingue les drones de surface (USV) et les drones sous-marins (UUV).

En lutte sous la mer, les missions sont diverses : recueil de renseignement et surveillance de zone, détection sous-marine, guerre des mines.

La capacité à déployer des moyens pour accomplir ces missions sans immobiliser les plateformes navales est le thème d'intérêt majeur.

Les menaces sont de plusieurs types : du sous-marin classique immobile guettant sa proie (d'où le nom Scorpène attribué à la dernière génération de sous-marins export de DCN) à la mine furtive (ou enfouie) en passant par le nageur de combat. La capacité des drones à approcher de plus près de ces menaces afin de les détecter, sans pour autant exposer les hommes et autres unités précieuses, renforce l'attrait pour la robotique navale.

Au-dessus de la surface, les USV doivent permettre d'assurer des missions complémentaires à celles des drones aériens, en permettant notamment d'approcher de navires ou embarcations suspects, en facilitant les travaux d'identification, pour un coût d'intervention réduit. Un démonstrateur technologique SPARTAN est en cours de réalisation avec les Etats-Unis.

Tous ces systèmes de drones doivent pouvoir s'intégrer sans difficulté dans une force navale, et, dans la mesure du possible, éviter la dépendance directe à une plate-forme, pour en multiplier les effets.

Le milieu maritime présente néanmoins de fortes contraintes.

Le défaut de conductibilité des ondes radioélectriques dans l'eau conduit à des difficultés majeures en robotique mobile sous-marine. Ces difficultés concernent la navigation (on ne peut utiliser directement de moyens GPS) et les communications.

Il est de même impossible d'utiliser des moyens de production d'énergie aérobie sous l'eau.

En outre, le milieu physique est par nature hostile pour l'homme et les systèmes qui s'y déploient sont toujours fortement sollicités (houle, vent, courant, salinité,...).

La mobilité des robots dans le domaine maritime n'est donc pas simple, car leur faible taille les exposera à de nombreux risques susceptibles d'interrompre leur mission (état de mer, obstacle dérivants, filets de pêcheurs, zone littorale...).

2.2 Rappel de quelques exigences opérationnelles imposées par l'utilisation des robots

La capacité tout temps est primordiale car les troupes adverses exploitent, le plus souvent, des mauvaises conditions de visibilité pour déclencher des opérations d'infiltration.

Les robots devront être discrets, dans les différents spectres visuels, sonores et thermiques, afin de ne pas trahir leur présence et de ne pas nuire à leurs fonctions. Cette discrétion pourra être utilement doublée par la mise en place d'une protection adaptée (blindages, redondance des capteurs, etc.) afin de garantir la permanence du système sur la zone, y compris en situation hostile.

Le partage de tâches entre l'homme et le robot pose le problème de l'autonomie totale; actuellement, l'homme est toujours considéré dans la boucle, compte-tenu des questions d'éthiques mais aussi du fait de l'absence d'engins totalement autonomes (au niveau intelligence).

A terme, l'intégration des moyens robotisés au sein du système de combat global doit elle-même faire l'objet d'études approfondies. Comment gérer les fréquences de communication qui leur sont attribuées ? Qui doit en assurer le déploiement et la surveillance : une cellule de mise en œuvre spécialisée ou des troupes "régulières" ? Quels que soient les progrès et les succès techniques à venir, un effort doit être fait pour que la doctrine militaire prenne en compte les robots et ainsi, permettre leur emploi opérationnel.

Mais tout en considérant ces études portant sur la robotique d'aujourd'hui, de demain ou d'après demain, il convient, pour faire des extrapolations raisonnables, de ne pas perdre de vue le contexte géopolitique dans lequel elles sont censées s'enraciner. De nos jours, et sans doute pour quelques années encore, les types d'interventions extérieures ne correspondent pas (ou heureusement plus) à des luttes à mort, mais à des opérations, de type Petersberg, de maintien ou de restauration de la paix, d'interposition, voire des missions humanitaires. Il convient donc de concevoir des systèmes robotisés pour faire face à ce large éventail de missions. Ces systèmes auront donc pour objectif d'aider nos forces, de minimiser les risques d'accidents, de blessés, voire de pertes (dans chaque camp) car les forces de la paix ont l'obligation de montrer leur respect de la vie humaine et de respecter l'éthique.

3. UN APERÇU DE L'ÉTAT DE L'ART DU DOMAINE

Les recherches actuelles visent à comprendre et à mettre en œuvre les mécanismes permettant au robot de développer ses propres capacités de perception, de décision ou d'action, grâce à des processus d'apprentissage . Mais, si le robot est autonome, il est aussi en interaction avec d'autres machines et avec l'homme.

Classiquement, il y a trois grands champs d'applications en robotique : la réduction des coûts d'un processus et l'augmentation de la productivité, l'exécution de tâches fastidieuses et pénibles, et l'action dans des environnements dangereux et/ou hostiles.

3.1 Cas de la robotique terrestre

Globalement, on distingue trois types de plates-formes robotisées :

- plates-formes opérationnelles aujourd'hui ; type engin blindé, à roues ou à chenilles, (dimensionné pour un mode de déplacement, une charge utile, une capacité d'emport et la masse), systèmes légers et lourds, appelés UGV,
- plates-formes exotiques (à l'étude aujourd'hui) mais qui pourraient rapidement déboucher : les systèmes serpentiformes de dimensions réduites mais d'une extrême agilité, destinés entre autre à la surveillance de zones difficiles d'accès, en sont un exemple, de même que les systèmes à pattes (2, 4, 6, 8) ou hybrides (roues plus pattes, roues plus chenilles, etc.),
- robots humanoïdes (à plus long terme), aptes à se déplacer en milieu hostile de façon comparable à un homme.

L'état de l'art en matière de plates-formes robotiques terrestres montre qu'en dehors des USA et d'Israël, il existe peu de robots effectivement opérationnels dans le domaine militaire (systèmes de déminage exclus).

L'industrie européenne a des activités éparpillées dans ce domaine. La communauté de recherche académique européenne s'est regroupée autour du projet « EURON » qui regroupe 140 instituts et vise à échanger des idées sur la recherche en robotique. Les industriels européens sont en train de se regrouper autour de la plate-forme EUROP, mise en place par la commission européenne dans le cadre du 7^{ème} PCRD pour justement fédérer les activités robotiques.

Le combat urbain émerge aux Etats-Unis comme une priorité à la lumière de l'opération « Iraki Freedom » et de la guerre contre le terrorisme.

La Darpa a annoncé en décembre 2004 un programme visant à étudier le potentiel d'un certain nombre de technologies innovantes dans le domaine du combat urbain. Trente-six études de faisabilité, en tout, ont été sélectionnées afin d'aboutir, dans un délai de six à douze

mois à des démonstrations techniques pour tenir l'objectif du tiers de véhicules terrestres inhabités en 2015.

Récemment, la presse a fait écho de l'utilisation future, en Irak, de robots armés par les troupes américaines, les SWORDS coûtent 230 keuros et peuvent être équipés de fusils, de mitraillettes, de lance-grenades ou de lance-roquettes antichar.

La Darpa organise depuis 2004 (le Grand Challenge) un concours d'UGV dont le but est pour un véhicule entièrement autonome de parcourir de longues distances (environ 200 km); très récemment et pour la première fois, des véhicules ont réussi à franchir la ligne d'arrivée.

Les Etats-Unis ont donc une avance considérable qui vise à s'accroître avec un effort de recherche en robotique mis en place de 500 M€ sur les cinq prochaines années (référence : National Defense Magazine, May 2003).

Il y aura 1/3 de véhicules inhabités en 2015 dans les forces terrestres américaines (Lexington Herald Leader, March 2004).

3.2 Cas de la robotique navale

Dans le domaine naval, les robots ont été jusqu'à récemment exclusivement dirigés vers des opérations de déminage sous-marin et ceci en raison du danger que représentait cette opération menée traditionnellement par des plongeurs démineurs.

Cette problématique de mise en œuvre de robots pour la neutralisation des mines a longtemps été considérée comme peu prioritaire par les Etats-Unis, ces derniers n'ont en effet pratiquement jamais été confrontés sur leur territoire à des opérations de déminage sous-marin. En revanche, les Européens au travers de leurs différentes marines en particulier les marines anglaises et françaises, se sont très tôt équipées de systèmes robotisés pour la guerre de mines.

L'avènement ces dernières années, d'une menace terroriste capable de frapper sur les territoires de grandes démocraties, a amené ces dernières à élargir leur champ de réflexion à des missions plus vastes de protection de leurs côtes. L'emploi des UUV et USV constituent un élément important de ces réflexions.

Du côté des UUV, les Etats-Unis ont, ces dernières années, largement étendu leur concept d'emploi qui ne sont plus, désormais cantonnés à la guerre des mines.

Ainsi, l'UUV Master Plan 2004 décrit des missions aussi diverses que l'ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance), le transport clandestin (payload delivery), la protection (guerre des mines, le homeland security, la lutte anti-sous-marine) et les missions offensives. Parallèlement, des nouvelles classifications de véhicules capables de réaliser ces missions ont vu le jour. Elles sont actuellement au nombre de 4 et vont du véhicule portable (entre 10 et 50kg) au véhicule lourd (1,5 tonnes), voire très lourd (10 tonnes).

Les technologies critiques qui permettront l'émergence de ces véhicules à moyen terme (2016) sont d'ores et déjà identifiées, il s'agit :

- de l'autonomie décisionnelle,
- de l'énergie et la propulsion,
- des capteurs et traitements associés,
- de la communication,
- des systèmes de génération d'effets (systèmes de neutralisation, armes létales),

Des véhicules ont déjà été livrés (conformément aux recommandations du master plan) à l'US Navy pour permettre de mener des expérimentations et disposer le plus rapidement possible d'un retour d'expérience.

En Europe, la Norvège, au sein d'un véritable partenariat entre sa marine et son industrie, a expérimenté et développé plusieurs systèmes (en particulier le HUGIN de Kongsberg pour les missions de surveillance).

De son côté, l'Angleterre a exprimé le souhait de moderniser son concept de guerre des mines en optant pour des solutions de type UUV consommables (MineKiller téléopéré).

En France, il est essentiel de noter que la compétence robotique sous-marine existe et est internationalement reconnue (il convient de rappeler que la France est le leader mondial de robots de déminages sous-marins, ces robots équipent à l'heure actuelle plus d'une vingtaine de marines).

Des développements sont réalisés actuellement, hors secteur de la défense, en particulier dans le secteur offshore pour proposer des engins autonomes. En matière de défense, le besoin en matière d'UUV est en cours de définition.

Dans le domaine des drones de surface (USV), une étude de marché datant de juillet 2003 (The Growing US Market for Unmanned Surface Vehicles (USVs) July 9, 2003, (réalisée par Moiré Incorporated), prévoit que 300 USV seraient en service dans les forces américaines (Navy et Coast Guard essentiellement), d'ici 2011.

Ces USV seraient employés aussi bien pour des missions de protection de type homeland security (fonctions de détection et de neutralisation), que pour de la reconnaissance. Ils ont l'avantage par rapport aux UUV d'être plus endurants et plus rapides, en revanche ils restent moins discrets.

Des systèmes sont déjà proposés en particulier par des sociétés Israéliennes (RAPHAEL) et Américaines (Lockheed Martin).

En France, à l'instar des UUV, les compétences technologiques sont là. La France participe d'ailleurs au programme US SPARTAN. De même que pour les UUV, l'emploi des USV au sein des systèmes de force est encore à définir.

Enfin, pour ce type de drones, il est intéressant de souligner ici les quelques difficultés qu'il reste à surmonter, en particulier la navigation autonome par différents états de mer, mais aussi, et c'est un point essentiel, la mise en place de procédures, de protocoles et de certifications pour autoriser leur navigation dans un flux maritime.

3.3 Conclusions et remarques sur les actions DGA en cours

En conclusion, il ressort que :

- de nombreuses fonctions nécessaires pour réaliser un démonstrateur terrestre sont accessibles techniquement à ce jour. Les industriels français sont donc en attente de décisions en faveur du développement de démonstrateurs technologiques d'UGV.
- de même, il n'y pas, aujourd'hui, de véritable politique de développement de démonstrateurs technologiques marins. Cela concerne, à court terme, les robots sous-marins pour la guerre des mines, ou à moyen terme, les UUVs à long rayon d'action pour la détection sous-marine.

En parallèle du club CHEAr, s'est tenu un groupe de travail robotique conduit par La DGA/DET. Il a débouché sur la mise en place d'une structure de coordination des différents centres robotiques. Cette récente organisation mise en place entre les centres DGA intervenant sur le domaine robotique, coordonnée par le responsable de pôle du domaine ASC (Architectures et techniques des Systèmes C3R), permettra vraisemblablement, au niveau national, de rectifier cette situation et d'établir une politique technique en matière de robotique.

L'annexe 2 récapitule les PEA (Programmes d'étude amont), menés actuellement par la DGA, en robotique terrestre et navale.

On remarquera qu'il existe bien des démonstrateurs technologiques qui gagneraient à s'inscrire dans une vraie politique technique en robotique, (voir les recommandations suggérées au paragraphe 5).

4 SYNTHÈSE DES THÈMES DE RECHERCHE

Pour répondre aux objectifs du mandat de ce club, plusieurs axes technologiques, ont été identifiés ; comme il a été souligné dans l'introduction, ces thèmes de recherche constituent

l'offre technologique qui devrait être incluse dans les travaux de prospective du ministère de la Défense si celui-ci veut pouvoir disposer, à l'horizon post-2015, des briques technologiques nécessaires à la satisfaction des exigences opérationnelles.

La robotique est donc arrivée à un niveau de maturité qui permet de réaliser des prototypes de laboratoire ou des démonstrateurs technologiques partiels. Mais la réalisation de systèmes opérationnels polyvalents, performants et faciles d'emploi demande plus qu'un processus d'industrialisation : il subsiste un ensemble de points durs à résoudre avant de disposer de telles plates-formes robotisées.

Les études et travaux nécessaires doivent notamment permettre de développer des engins durables, robustes par rapport à l'ensemble des situations auxquelles ils peuvent être confrontés, et parfaitement intégrés aux autres systèmes présents – en particulier avec les opérateurs qui les contrôlent.

Prenant en compte ces difficultés, le club a, dans une première étape, structuré ce domaine technique, puis a retenu une liste de thèmes de recherche, présentée en annexe 3.

Cette liste recense de manière synthétique les différents axes d'étude et de recherche qui doivent être menés pour arriver à l'insertion de tels systèmes opérationnels. Un robot est un système intégré complexe, et les différents contextes opérationnels envisageables imposent des solutions de natures différentes pour les différents sous-systèmes qui le composent : le spectre des technologies impliquées est donc très large et fait appel à des disciplines variées.

Ces technologies ont été synthétisées en treize thèmes techniques, regroupés en quatre grands thèmes principaux :

- Supports physiques : il s'agit des éléments matériels qui constituent l'architecture globale du robot.
 1. Architecture mécatronique : architecture mécanique et électronique du robot, et notamment structure de locomotion, qui accueille l'ensemble des sous-systèmes embarqués (sources d'énergie, capteurs, calculateurs et charges utiles).
 2. Autonomie énergétique : ensemble des systèmes de production et de récupération d'énergie, qui conditionnent notamment les capacités d'endurance du robot.
- Fonctions robotiques : il s'agit de l'ensemble des fonctions logicielles embarquées à bord du robot qui lui permettent de réaliser les tâches qui lui sont assignées. Cela inclut les trois grandes fonctionnalités de perception, de décision et d'action propres à tout système autonome, mais aussi les moyens d'intégrer aisément ces fonctions, et la déclinaison de ces fonctions dans le cas où plusieurs robots interagissent.
 3. Action : ensemble des moyens qui contrôlent les actions du robot – en particulier les déplacements.

4. Perception : ensemble des moyens qui permettent au robot d'appréhender son environnement (capteurs et traitements associés).
 5. Décision : ensemble des moyens qui permettent au robot de décider de ses actions (actions de déplacements, d'acquisition d'informations par ses moyens propres et de communications).
 6. Architecture logicielle : principes d'implémentation des fonctions logicielles embarquées et outils d'aide à leur intégration.
 7. Systèmes multi-robots : ensemble des fonctions de perception, de décision et d'action propres au déploiement coordonné de plusieurs robots.
- o Insertion des robots au sein des Forces: il s'agit des moyens qui permettent aux robots d'être interfacés avec les autres systèmes présents, opérateurs compris, tant durant les phases de préparation de mission que d'exécution des missions.
8. Communications : ensemble des médias et protocoles de communication avec les autres robots, avec les opérateurs déployés et avec le système de commandement.
 9. Interface homme/robot : choix matériels et ergonomiques permettant l'interaction entre les robots et les opérateurs.
 10. Préparation de mission : ce thème se réfère aux moyens techniques de renseignement par l'opérateur d'éléments de situation tactique et environnementale non connus du système robotisé, et de planification (automatique ou assistée) des tâches à réaliser au cours de la mission.
 11. Stratégies d'emploi, insertion dans les armées : il s'agit de rendre les plates-formes robustes aux conditions réelles et de définir des programmes d'expérimentation.
- o Moyens d'analyse et de développement : il s'agit de répondre aux besoins posés par le développement des robots et leur insertion au sein des forces :
11. Simulation : le développement de chacune des fonctions robotiques peut bénéficier d'outils de simulation, mais il est aussi nécessaire de disposer d'outils de simulation au niveau système.
 12. Évaluations : il s'agit de développer des méthodes et outils d'analyse des capacités développées, tant pour chaque fonctionnalité robotique que pour l'ensemble d'un robot.
 13. Insertion dans les forces : il s'agit de rendre les plates-formes robustes aux conditions réelles, et de définir des programmes d'expérimentation.
 14. Insertion dans les Forces : il s'agit de rendre les plates-formes robustes aux conditions réelles et de définir des programmes d'expérimentation.

Bien entendu, ces différents axes ne sont pas strictement disjoints et il existe des relations fortes entre certains d'entre eux, dont les plus significatives sont précisées dans la liste. Par ailleurs, le niveau de maturité de ces différents thèmes technologiques est très variable, et au

sein d'un même thème les solutions existantes n'ont pas le même niveau de maturité : ce n'est que pour des fonctions opérationnelles précises que l'on peut exprimer un niveau de disponibilité technique pour chaque fonction impliquée. Par conséquent, aucune information relative à l'état de maturité des technologies ne figure dans cette liste, les axes d'étude et de recherche nécessitant différents niveaux d'investissement selon l'application particulière considérée.

5. RECOMMANDATIONS

Après avoir examiné les thèmes de recherche à soutenir, le club propose un certain nombre de pistes de réflexions et d'actions permettant de se donner les moyens d'une politique en robotique terrestre et navale, autour des quatre axes principaux suivants :

Axe 1 : le club préconise la rédaction d'un schéma directeur en robotique (à la façon des master plans américains).

En effet, l'une des constatations importantes de ces travaux est l'absence d'une politique de développement de systèmes robotisés répondant à un cahier des charges de missions opérationnelles suffisamment précis.

Un document de politique technique, organisationnelle et industrielle (regroupant experts industriels et universitaires), en robotique terrestre, navale et aérienne conduisant au développement de systèmes robotisés est donc nécessaire au sein de la DGA. Ce document doit prendre en compte notamment différents niveaux d'objectifs calendaires et opérationnels (à court terme, moyen terme et long terme).

Il doit également prendre en compte l'aspect stratégie industrielle (avec un objectif de regroupement des forces industrielles et universitaires) afin d'exploiter au mieux les financements (action existante déjà à la DGA dans la rédaction des documents de Politique Technique et Sectorielle).

Les retombées de cette politique ne se limiteront pas à la Défense puisque d'autres secteurs comme la sécurité (sécurité de personnes et infrastructures..), la protection de l'environnement (intervention en zone polluée ou hostile, décontamination,...) seront probablement à court terme clients de systèmes robotisés.

L'Agence Européenne de Défense (AED) pourrait être, par ailleurs, un moteur pour le lancement de grands programmes européens de démonstrateurs technologiques de robots terrestres et de robots sous-marins.

Axe 2 : le club préconise le lancement dès maintenant de la réalisation de démonstrateurs technologiques et opérationnels de robotique terrestre et/ou marine.

La mise en place d'un schéma directeur n'est pas instantanée. Par ailleurs, il est nécessaire d'arriver au niveau européen avec quelques programmes ou réalisations entrant dans le futur schéma directeur. Enfin, la distance entre notre pays et des pays comme les USA s'accroît très rapidement en matière d'équipements militaires robotisés. Il est donc important de pouvoir lancer des actions dans ce sens.

Ces robots démonstrateurs, technologiques et opérationnels, à l'inverse des objectifs de la recherche en robotique ne devraient pas être généralistes mais au contraire répondre à des objectifs opérationnels très ciblés.

Les technologies sont en effet, suffisamment matures pour permettre dès maintenant l'utilisation de la robotique. Les capacités industrielles sont disponibles en France pour réaliser des systèmes robotisés ; plusieurs sociétés sont capables de construire un système robotisé complet dans les milieux aérien , sous-marin, de surface et terrestre. Des sociétés fabriquent des capteurs, des logiciels ou maîtrisent des technologies transverses utilisées dans le domaine de la robotique. Du point de vue conceptuel de nombreuses compétences existent également dans le secteur public. Notre pays compte plus d'une cinquantaine de laboratoires qui maîtrisent tous les domaines clés de la robotique. Il faut donc conserver et développer cet acquis et maintenir les compétences industrielles de réalisation sur les briques fondamentales. Il est vrai que les industries françaises, face aux ambitions affichées par certains pays étrangers (US, Israël, UK, RFA ...) ont accumulé ces dernières années un retard, essentiellement en raison du manque de retour d'expérience et de développement de systèmes opérationnels.

Le développement de tels systèmes robotisés devrait donc permettre la réalisation de tests en situation réaliste, d'obtenir des retours d'expériences et permettre aussi aux industriels français d'être à même de proposer leur savoir-faire au niveau national et international.

Axe 3 : le club préconise de préparer l'insertion des robots dans les Forces

L'intégration des moyens robotisés au sein du système de combat global doit faire l'objet d'études approfondies avant même que l'on en dispose.

De nombreuses questions se posent : Comment gérer les fréquences qui leur seront attribuées ? Qui doit en assurer le déploiement et la surveillance : une cellule de mise en œuvre spécialisée ou des troupes « régulières » ? etc.

Un effort doit être fait pour que la doctrine et l'architecture des futurs dispositifs militaires prennent en compte les robots, et ainsi permettre leur emploi opérationnel, quels que soient les progrès et les succès techniques à venir.

Sur le plan technique, les fonctions prévues dans les systèmes robotisés et les comportements associés à ces fonctions devront favoriser un déploiement, une intégration et une mise en œuvre souples au sein du dispositif (avec d'autres robots, avec les systèmes d'information des théâtres, et avec les composantes habitées). Des travaux de standardisation d'architectures de services de robots devront être promus en cohérence avec ceux en cours dans le domaine des systèmes d'information opérationnels et dans celui des systèmes de systèmes.

Lorsque les systèmes robotisés seront disponibles, **des études et expérimentations de concepts d'emploi** entre systèmes robotiques et systèmes habités seront à définir. A cette échéance, **les aspects psychosociologiques** devront alors être examinés. En attendant, il est souhaitable **de maintenir une veille** sur cette problématique au sein du Ministère de la Défense.

Enfin, le club propose, dans le cadre de cet axe, la mise en place d'une sensibilisation pour les opérationnels dans les écoles d'application ainsi que la mise en place d'un cursus de formation commun des cadres et militaires sur ces nouvelles technologies.

Dans le cadre des aspects juridiques liés à l'emploi des robots, notons par ailleurs certains points non traités à ce jour :

- la navigabilité des drones marins et sous marins n'est pas prise en compte dans le Droit Maritime,
- les mini-drones (utiles aux robots terrestres par coopération) s'insèrent encore mal dans le trafic aérien (obligation de se restreindre à des machines entrant dans la catégorie « modélisme » pour pouvoir les utiliser sans autorisation particulière.

Axe 4 : le club préconise la mise en place par la DGA d'une politique de recherche amont en robotique.

- par le soutien des actions de recherche identifiées dans la liste de l'annexe 3. Ceci contribuera grandement à la constitution d'une offre technologique à disposition de la DGA à l'horizon post-2015 afin de répondre aux missions opérationnelles à cette échéance. Les axes technologiques prioritaires n'ayant pu être définis, une suite logique à ces travaux

consisterait à faire ce classement et à identifier l'échéance prévisible de maturité des technologies.

- par l'identification des chercheurs universitaires (CNRS, CEA, INRIA...) experts sur les sujets de recherche précités afin d'établir une liste d'experts qui seront systématiquement informés des futures études menées à la DGA et sollicités à bon escient.

- par la mise en place d'échanges d'information avec des organismes de recherche tels que le CEA, l'INRIA, l'INSERM, l'INRA, l'INRETS... qui, sur des applications particulières, peuvent amener des contributions intéressantes en robotique et aussi avec les fédérations internationales de robotique telles que l'IFR(International Federation of Robotics).

- par la mise en place à la DGA d'un correspondant ou d'une équipe de correspondants « robotique » clairement identifiés ayant pour tâche de :

- suivre le programme robotique (plate-forme industrielle EUROP) mis en place par la commission européenne dans le cadre du 7ème PCRD, et permettre, ainsi, à la Défense, de suivre l'ensemble des actions menées par les industriels du domaine.

- suivre les actions du PERS (Programme Exploratoire de Recherche et Sécurité) de la commission européenne.

- assurer l'interface avec le pôle de compétitivité SYSTEM@TIC regroupant les acteurs Franciliens dans le domaine de la défense et de la sécurité.

- assurer l'interface avec le pôle de compétitivité SEANERGIE, regroupant pratiquement tous les acteurs du domaine de la robotique sous marine.

- par une veille technique et technologique efficace, notamment sur :

- les robots terrestres déployés en Irak :

- En France, le retour d'expériences des robots est limité ; il y a peu de démonstrateurs utilisés par les opérationnels et un retour d'expérience est nécessaire pour lever les problèmes d'acceptabilité.

- les concours de robots terrestres réunissant les laboratoires de recherche académiques, tel le concours ELROB 2006, premier concours européen de robots militaires terrestres, piloté par l'armée allemande. Pour information, l'ETAS a initié en 2005 un concours de mini-robots ouvert aux étudiants de second cycle et dédié à la reconnaissance et l'exploration en milieu urbain. Ce type de manifestation pourrait être étendu, de préférence avec l'appui des industriels du domaine.

- l'étude de la synergie de la robotique de service avec le besoin militaire :

- Dans de nombreux laboratoires de recherche sur la robotique de service, les travaux portent sur la conception de robots partenaires ou compagnons de l'homme. Les grands thèmes de

recherche sont l'interaction et la communication homme-machine, l'autonomie décisionnelle des systèmes, la coopération de machines et la coopération homme-machine.

Il faut donc continuer à suivre ces recherches et étudier les retombées possibles pour le besoin militaire.

6.ANNEXES

ANNEXE 1 : document sur la surveillance de zone par un robot mobile terrestre

Surveillance de zone par un robot mobile terrestre

D. Dufourd*

O. Evain[†]

C. Freyheit[‡]

L. Gillet[‡]

A. Godin[†]

*Centre d'Expertise Parisien - site d'Arcueil

[‡]Centre d'Expertise Parisien - site de Saint-Cloud

[†]Etablissement Technique d'Angers

22 février 2005



Introduction

Dans le cadre de la fonction aménagement de l'espace terrestre, le contrôle de zone et la protection des déploiements alliés deviennent une priorité opérationnelle. Un effort de recherche important doit être réalisé pour répondre à une menace de plus en plus large et diffuse dans des scénarios d'engagement d'une grande variété.

La surveillance de zone requiert actuellement des moyens humains qui, dans le cadre de l'exécution de leurs actions, se trouvent à la fois exposés à d'éventuelles agressions et soumis à des conditions de réalisation de la mission parfois difficiles, notamment du fait du niveau d'attention très élevé requis pendant une longue période de temps. L'utilisation de robots pour la réalisation de missions de surveillance de zone permet, d'une part, de positionner les opérateurs du système dans un environnement évitant leur exposition aux conditions environnementales et, d'autre part, de les éloigner de la menace, tout en leur permettant de réaliser depuis un poste de contrôle, à l'aide de capteurs déportés et de moyens d'alerte, les observations nécessaires à leur mission. A plus long terme, l'automatisation des fonctionnalités et les capacités d'autonomie avancées accroîtront les performances du système tout en diminuant de manière conséquente la charge de travail de l'homme.

1 Description du scénario

1.1 Résumé de la mission

La surveillance de zone doit garantir la maîtrise d'un espace donné. Le plus souvent destinée à assurer la sécurité des personnels et à maintenir de l'intégrité des infrastructures appartenant aux forces alliées, dont les plans sont dans la plupart des cas connus, elle peut toutefois être mise en œuvre pour sauvegarder des installations temporaires ou des zones stratégiques pour lesquelles l'implantation géographique est inconnue à l'avance. Ainsi, les terrains sur lesquels seront déployés les moyens destinés à assurer cette mission pourront avoir des superficies très variables et des dispositions indéterminées a priori.

Une fois le système en place, son objectif consiste à détecter l'ensemble des menaces potentielles, en particulier les intrusions et, le cas échéant, à avertir le superviseur humain, juge en dernier ressort de l'action à mener pour faire face à ces événements. L'intérêt de cette automatisation est de mettre en place un dispositif de défense libérant les opérateurs de tâches répétitives et longues, susceptibles d'endormir leur vigilance, tout en constituant un moyen efficace et réactif de surveillance.

1.2 Maîtrise de la zone

Les contraintes exposées ci-dessus ont deux implications principales quant aux caractéristiques requises pour le système. En premier lieu, celui-ci doit pouvoir disposer d'une cartographie de la zone considérée, ce qui impose soit de pouvoir utiliser des données cartographiques existantes, soit de construire une carte de l'environnement. Il est ensuite indispensable, soit parce que la superficie le réclame, soit pour minimiser les angles morts dans le dispositif, de prévoir le déploiement, simultané, de plusieurs robots.

Il découle également, puisque l'un des objectifs principaux est de proposer un système ne souffrant pas de la baisse de concentration des opérateurs, que le dispositif doit fonctionner de manière très autonome, autrement dit que les véhicules doivent pouvoir se déplacer avec une intervention humaine limitée, cf. paragraphe , et que les fonctions de détection de menaces automatiques se révèlent performantes, cf. paragraphe . Ceci implique en outre une coordination étroite des différents agents autonomes pour optimiser la couverture de la zone.

Bien qu'aucun système actuel n'ait encore regroupé simultanément l'ensemble des fonctionnalités requises ici, l'étude de l'état de l'art, paragraphe , montre que, prises individuellement, les briques technologiques existent et font l'objet d'expérimentations en laboratoire. La problématique consiste davantage à montrer la *pertinence* et la *fiabilité* du concept. Le premier de ces objectifs sera atteint si le système est capable de fonctionner sans interruption pendant plusieurs heures au minimum : en effet les robots terrestres, aujourd'hui, dépassent rarement plus d'une heure d'autonomie (du moins lorsqu'ils tirent leur énergie d'une source électrique), et des progrès doivent être faits notamment en terme de gestion et consommation de l'énergie. Le second objectif nécessite en particulier de disposer d'un système adaptable¹ : il doit pouvoir fonctionner avec un nombre

¹ Le terme exact, qui n'a pas vraiment son équivalent en français, est "scalable".

quelconque de robots, notamment pour se rendre *indépendant* de la *perte* ou de la *défaillance* éventuelle de l'un des membres de l'équipe.

1.3 Déplacements autonomes

Comme évoqué au paragraphe précédent, l'autonomie des robots se traduira essentiellement par leur capacité à évoluer seuls dans l'environnement à surveiller. Les déplacements en eux-mêmes peuvent, *souvent*, se réduire à un simple rejeu de trajectoires apprises. Des scénarios plus autonomes sont toutefois envisageables, comme décrit plus loin.

Apprentissage. Plusieurs formes d'apprentissage de trajectoires sont envisageables. Le plus simple, plus particulièrement justifiée pour une zone inconnue, est la mémorisation du chemin suivi par un des robots téléopéré. Dans le cas où la cartographie est connue a priori, la méthode de base consistera à indiquer des points de passage, la trajectoire complète étant alors constituée de segments de droite joignant ces points. Dans le scénario le plus élaboré, il est également envisagé de faire évoluer un véhicule, de manière entièrement autonome, par exemple en lui demandant de suivre les chemins, et d'enregistrer la trajectoire ainsi générée.

Rejeu. Il peut bien entendu se limiter à une simple répétition continue des trajectoires mémorisées. Toutefois, dans un contexte opérationnel, où surprendre l'adversaire est primordial et où la routine est dangereuse, on préférera mettre en place des stratégies de rejeu aléatoire : parmi les branches de chemins enregistrées en phase d'apprentissage, le système choisira celle qu'il doit emprunter à un instant donné. Ceci, couplé à des mécanismes de maintien/optimisation de la formation pour assurer une couverture optimale de la zone, permettra une gestion intelligente des trajets et favorisera l'efficacité de la mission.

Réactivité. Notons cependant, notamment si l'apprentissage a été réalisé par désignation de points de passage, que les robots devront intégrer des comportements réactifs, pour être capables d'éviter d'éventuels obstacles, y compris dynamiques comme des piétons, des véhicules ou mêmes les autres robots du système (dispositifs anti-collision, éventuellement inclus dans les mécanismes de coordination).

Extension de l'autonomie. Au-delà d'un pur rejeu de trajectoires, il est également envisagé, à terme, d'accorder plus d'initiative aux robots, en leur permettant de décider de s'approcher d'un élément détecté, sans forcément l'autoriser à entrer en contact avec ce dernier. Par cet écart à la trajectoire nominale, il deviendrait notamment possible de conforter ou infirmer les premières informations du système grâce à l'amélioration des estimations de DRI qui s'ensuivrait. En outre, le signalement d'une activité anormale, à l'origine de cette déviation, pourrait provenir d'un capteur extérieur, via un système d'information approprié. Enfin, à un horizon plus lointain, des robots entièrement autonomes, capables de choisir leurs déplacements dans des limites données, sont également considérés.

1.4 Détection des menaces

Si le déplacement autonome des robots est une condition nécessaire à la bonne exécution de la mission, l'intérêt réel provient de ou des charges utiles, intégrées sur le système, qui permettront de

détecter les menaces. Dans le cas de la surveillance de zone est considéré comme menace tout événement impromptu ou imprévu : il peut s'agir principalement d'une intrusion ou de la découverte (respectivement disparition) d'un élément ne devant pas appartenir (respectivement devant appartenir) à l'environnement surveillé.

A ce titre, et sans prétendre à l'exhaustivité, des traitements de détection de mouvement, d'analyse de scène ou d'apprentissage de la zone, seront recherchés. De plus, la mission gagnera en performance si la détection peut s'effectuer en toutes conditions (de jour comme de nuit et par tout temps), et profitera ainsi indéniablement de moyens de perception multi-senseurs.

Toutefois, la détection de la menace n'est pas strictement suffisante. En particulier, il est nécessaire de pouvoir évaluer le risque, afin de construire la réponse appropriée. Il est alors intéressant, s'il s'agit d'un objet mobile, de pouvoir suivre son évolution ("tracking" dans l'image par exemple) et, dans tous les cas, d'être capable de classifier l'élément hostile. La mission tirera par exemple pleinement profit de dispositifs d'identification ami/ennemi.

Intrusion et réactivité. Il est utile de préciser que la détection des intrusions au sein du dispositif peut être contradictoire, ou du moins délicate, en présence d'obstacles mobiles que les robots doivent éviter (se reporter au paragraphe , car il faut pouvoir alors différencier une menace réelle d'un élément non hostile à contourner. S'il s'avère impossible de cumuler les deux fonctions, et selon la zone de déploiement et l'objectif de la mission, on pourra alors choisir de privilégier soit le signalement des entrées dans l'aire surveillée (au risque alors d'augmenter le taux de fausses alertes) soit la détection des dangers autres que les intrusions.

Notons toutefois, que plusieurs pistes sont envisageables pour concilier les deux problématiques, qui viennent compléter la DRI. On peut notamment envisager des méthodes de détection d'attitudes (au sens des comportements), voire d'intentions. Dans le plus simple des cas où les seules unités autorisées à pénétrer dans l'espace appartiennent aux forces alliées, le déploiement d'un système d'identification ami-ennemi², cité ci-dessus, prend tout son sens.

1.5 Supervision du système

Si le système doit être le plus autonome possible, il reste malgré tout un outil au service de l'opérateur humain. Ainsi, ce dernier doit en garder le contrôle et l'interface de commande doit lui permettre de superviser correctement le déroulement des opérations. Etant donné la nature de la mission, une cartographie renseignée de la zone (position et nature des éléments de l'environnement) est probablement nécessaire. De même, le poste de commande doit proposer les fonctions nécessaires au contrôle des différents modes d'apprentissage de trajectoire (téléopération, navigation par points de passage désignés dans la carte, création automatique).

Les exemples précédents se rapportent essentiellement à la supervision de la mobilité du système, des fonctions équivalentes doivent être prévues. Or, il a été signalé ci-dessus, notamment à cause de la durée d'une telle mission, que la vigilance de l'opérateur risque de décroître au cours du temps. Aussi le poste de pilotage doit être pensé pour pouvoir alerter l'utilisateur, y compris en période de moindre attention. De manière générale, pour un poste destiné au suivi et à la supervision d'un système multi-agents, l'ergonomie de l'IHM est cruciale : celle-ci doit pouvoir présenter les

² Plus connue sous la dénomination IFF, "Identification Friend-Foe".

informations de manière agrégée et synthétique, de façon que l'opérateur puisse avoir une bonne vision de la situation³. La conception d'une interface adaptée est probablement un point majeur dans le développement d'un tel système.

1.6 Exigences opérationnelles

En guise de résumé des paragraphes précédents, on soulignera que les fonctions recherchées sont systématiquement guidées par des impératifs opérationnels, parfois directement issus de la doctrine militaire.

Ainsi, lorsque des soldats assurent une mission équivalente, ils peuvent chercher à rester en contact visuel permanent. Dans le cas d'un système robotisé, que l'on souhaite autonome, cette capacité pourrait permettre d'échanger des informations visuellement mais sans risque d'être brouillé. Dans le même ordre d'idée, on cherchera autant que possible à ce que les différents champs perceptifs des robots se recourent, afin de garantir une surveillance dense. Les contraintes géométriques ainsi imposées serviront, en particulier, à alimenter les mécanismes de coordination assurant l'optimisation de la couverture de la zone.

La capacité à évoluer par tout temps, évoquée au paragraphe , est également dictée par l'emploi que les militaires font du système. Cette propriété est d'ailleurs primordiale car les troupes adverses exploitent, le plus souvent, des mauvaises conditions de visibilité pour déclencher des opérations d'infiltration.

Nous mentionnerons enfin que, dans le cas le plus favorable, les robots devront être discrets, dans les différents spectres visuels, sonores et thermiques, afin de ne pas trahir leur présence et de ne pas nuire à leur fonction. Cette discrétion pourra être utilement doublée de la mise en place d'une protection adaptée (blindages, redondance des capteurs, etc.) afin de garantir la permanence du système sur la zone, y compris en situation hostile.

2 Etat de l'art succinct

Actuellement, la plus grande difficulté dans la réalisation d'un système de surveillance de zone proviendrait de la capacité à intégrer simultanément les différentes fonctions élémentaires (déplacements autonomes, détection, etc.). Car celles-ci sont aujourd'hui technologiquement réalisables, comme le montre brièvement l'état de l'art ci-dessous.

2.1 Etudes et programmes menés par la DGA

Les fonctionnalités liées à la détection sont souvent issues de domaines connexes à la robotique : de nombreux capteurs, travaillant dans différents spectres, sont disponibles sur le marché et le traitement des informations issues de ces senseurs font l'objet de nombreuses études. Citons pour mémoire les PEAs Caladiom, traitant de capteurs déposés et rétines artificielles, ou DICITEC, pour la détection et l'identification de cibles camouflées. D'autres PEAs, comme EPISCOPE pour l'identification de véhicules et de personnes par imagerie laser active, ou FAMUC pour la surveillance

³ Dans la littérature anglophone, cette problématique est connue sous le nom de conscience de situation, "situational awareness".

multicible automatique, pourront aussi fournir des technologies pertinentes pour le présent scénario. Nous renvoyons également le lecteur aux travaux d'A. Dalgalarondo, [Dal01], sur l'intégration de la fonction perception sur un robot.

Ces dernières années, l'effort, en robotique, s'est surtout porté sur le développement de briques de déplacement autonomes. Les travaux sur le DARDS ont ouvert la voie dans ce domaine. Plus récemment, les études ont, par exemple, permis de mettre au point des fonctions de retour sur trace (rétrotraverse, DE SYRANO), de rejeu différé ou immédiat de trajectoire (PEA Robotique, étude TEL-2) ou de suivi de voie (PEA Robotique, étude AUT-2). De plus, des avancées dans ce domaine sont attendues grâce aux travaux qui seront menés dans le cadre du PEA TAROT, ou grâce aux briques qui seront développées dans les PEAs MiniRoC et "Démonstrateur BOA".

La coordination multi-robots a également suscité l'intérêt de la DGA depuis plusieurs années. La préparation et le suivi de mission ont été abordés avec SYRANO, par la prédisposition des postes d'équipage à la préparation de missions multi-robots, ou dans le PEA Robotique avec l'étude "préparation et suivi de mission multi-robots" proprement dite (étude SYR-2). La mise en œuvre simultanée de plusieurs véhicules téléopérés a, quant à elle, été traitée au cours de la rénovation du char AMX 30 B2 DT, puisque trois véhicules peuvent être commandés simultanément, et dans SUMMER, pour lequel les différentes plates-formes pourront être téléopérées depuis un même poste de commande. Aucune étude n'a encore porté sur la réalisation d'un système coordonné de façon autonome et cela était l'objectif du PEA CADENCE. Les conclusions de ce programme d'étude seront réutilisées et mises à profit dans le PEA "Démonstrateur BOA".

Les problématiques d'ergonomie ont aussi constitué, de tout temps en robotique, un souci permanent et l'ensemble des études y porte une attention particulière : tel était le cas de SYRANO, et dernièrement SUMMER ou CADENCE, pour lesquels les questions d'IHM et de conscience de situation occupaient une place centrale dans la réflexion.

Enfin, terminons cette revue rapide des projets DGA en citant le PEA SCE SUZON, actuellement en cours de lancement, et dont les objectifs se rapprochent du scénario décrit ci-dessus. L'étude est toutefois beaucoup plus large que la seule utilisation de la robotique terrestre puisqu'elle prend en compte des sources d'informations diverses (drones, robots, capteurs déposés voire troupes régulières). Dans ce cadre, suite à la détection d'une menace, le système ne se contente d'ailleurs pas de prévenir des opérateurs mais peut être à l'origine du déclenchement d'effets : surveillance, confinement voire destruction de l'ennemi. On voit apparaître dans SUZON deux aspects militaires importants : d'abord que le "contrôle de zone" est indissociable de la "surveillance de zone", dont il est la suite logique et sur laquelle son efficacité repose entièrement ; ensuite, que les moyens envisagés pour exécuter ces missions ne se restreignent pas au milieu terrestre mais exploitent les trois dimensions de l'espace et différents types de plates-formes, complémentaires les unes des autres, y compris celles nécessaires à générer la réponse, au sein d'un réseau de communication, afin d'optimiser la couverture de la zone et l'efficacité des effets.

2.2 Orientations universitaires

Il est impossible de citer l'ensemble des contributions qui pourraient se révéler utiles dans une application de surveillance de zone. En particulier, les travaux de traitement de l'image sont

extrêmement nombreux. En France, signalons malgré tout les recherches d'O. Faugeras à l'INRIA, plus particulièrement en géométrie projective, et les développements du LAAS. Ces deux entités, de même que le LIRMM, sont parmi les laboratoires qui ont fait progresser les techniques de SLAM (localisation et construction de carte simultanées). Appliqués à une reconstruction de l'environnement, comme un modèle numérique de la zone à surveiller, tous ces travaux montreraient une grande utilité.

Mais c'est probablement dans le domaine de la coordination multi-robots, pour lesquelles les réalisations industrielles sont encore limitées, que la recherche académique peut apporter le plus. Du point de vue de l'architecture du système, des travaux comme ceux de Parker, [Par98], Gerkey et Mataric, [GM02] ou, en France, de Botelho et Alami, [BA99], incluent déjà des contraintes inhérentes aux applications militaires. Dans ce domaine des mécanismes de coordination, plusieurs expériences en laboratoires ont été réussies et les techniques mériteraient d'être portées sur des systèmes industriels. Enfin, signalons que plusieurs auteurs étudient également la coopération entre robots terrestres et drones, afin de disposer d'une information du terrain plus dense et complète ; le projet ROBEA "Aérob", réunissant plusieurs laboratoires français, a par exemple déjà montré des résultats intéressants sur cette problématique, [LDM+02].

Les milieux académiques étudient également largement la nature de l'interaction homme-robot. Parmi tous les travaux ayant trait au sujet, nous en citerons ici trois qui nous semblent les plus importants : Olsen et Goodrich se sont arrêtés sur la problématique d'autonomie ajustable et sur la façon dont elle impacte la qualité de l'interaction entre l'opérateur et le système. Dans [OG03], ils rappellent les principes généraux et proposent des métriques pour mesurer le niveau de cette interaction. D'autres auteurs, [DSY03], se sont davantage focalisés sur la conscience de situation, cf. paragraphe . En parallèle, les travaux de Fong et al., à l'université de Carnegie Mellon, présentent de nouvelles façons d'interagir avec les robots, y compris lorsque le système comprend plusieurs agents, en proposant des affichages fusionnant les différentes sources d'information, [FTB03]. Ces différentes études fournissent de nouvelles clés pour guider le concepteur d'IHM. En outre, les applications servant de base pour les évaluations ont souvent des contraintes proches de celles rencontrées lors d'opérations militaires (se référer par exemple aux travaux de Yanco et al. qui mettent en pratique leurs concepts dans le cadre de la RoboCup, dans l'épreuve de sauvetage de victimes).

3 Conclusions

Même si le présent document ne permet pas de faire un état de l'art exhaustif, il montre que de nombreuses fonctions, qu'il est nécessaire d'intégrer dans un système de surveillance de zone, soit sont accessibles techniquement et ne demandent qu'à être transférées depuis les laboratoires vers l'industrie, soit ont déjà fait l'objet de développements réussis sur des démonstrateurs de la DGA.

Outre sa faisabilité à court terme, ce scénario est d'autant plus crucial qu'il permettrait d'augmenter la sécurité des opérateurs, en les écartant de la zone à risque, mais également de favoriser l'efficacité par la permanence de la veille, sans perte de vigilance, qu'il apporterait. En outre, la mise en œuvre de moyens robotisés autonomes pour cette mission autoriserait les troupes à se consacrer à d'autres tâches.

La surveillance de zone ne peut néanmoins donner sa pleine mesure en se limitant à l'exploitation de robots mobiles terrestres. L'étape immédiatement suivante est donc leur intégration dans un système plus vaste, réunissant drones, capteurs déposés et robots au sein d'un réseau de communication commun, permettant un contrôle optimal de l'espace et capable de fournir la meilleure information possible aux unités à distance.

A terme, l'intégration des moyens robotisés au sein du système de combat global doit elle-même faire l'objet d'études approfondies. Comment gérer les fréquences qui leur sont attribuées ? Qui doit en assurer le déploiement et la supervision, une cellule de mise en œuvre spécialisée ou des troupes "régulières" ? Quels que soient les progrès et les succès techniques à venir, un effort doit être porté pour que la doctrine militaire prenne en compte les robots et, ainsi, permettre leur emploi opérationnel.

Glossaire

AUT	Désigne l'axe "AUTonomie" du PEA Robotique
BOA	Bulle Opérationnelle Aéroterrestre
CADENCE	Coordination de l'Action Déportée EN Combat Embarqué
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
DE	Développement Exploratoire
DGA	Délégation Générale pour l'Armement
DICITEC	Détection et Identification de CIBLES TERrestres Camouflées
DRI	Détection - Reconnaissance – Identification
IHM	Interface Homme-Machine
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique et Automatique
LAAS Toulouse)	Laboratoire d'Automatique et d'Architecture des Systèmes (CNRS -
LIRMM Montpellier	Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de
MiniRoC	Mini-Robots de Choc
PEA	Programme d'Etude Amont
ROBEA	ROBotique et Entités Artificielles (programme interdisciplinaire du CNRS)
SCE	Simulateur de Concept d'Ensemble
SLAM	Simultaneous Localization And Mapping
SUMMER	SUpport Modulaire Multi-plateformes d'Expérimentation en Robotique
SUZON	SURveillance et contrôle de ZONE à distance
SYR	Désigne l'axe du PEA Robotique destiné à l'amélioration de SYRANO

SYRANO
d'Objectifs

SYstème pour la Reconnaissance, l'Acquisition et la Neutralisation

TAROT

Technologie d'Autonomie pour la RObotique Terrestre

TEL

Désigne l'axe "TELéopération" du PEA Robotique

Références

- [BA99] S. Botelho et R. Alami. M+: a scheme for multi-robot cooperation through negotiated task allocation and achievement. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation*, pages 1234-1239, mai 1999.
- [Dal01] A. Dalgalarondo. *Intégration de la fonction perception dans une architecture de contrôle de robot mobile autonome*. Thèse, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, janvier 2001.
- [DSY03] J.L. Drury, J. Scholtz et H.A. Yanco. Awareness in human-robot interactions. In *Proceedings of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*, octobre 2003.
- [FTB03] T. Fong, C. Thorpe et C. Baur. Multi-robot remote driving with collaborative control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 50(4):699-704, août 2003.
- [GM02] B.P. Gerkey et M.J. Mataric. Sold! : auction methods for multi-robot coordination. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 18(5):758-768, octobre 2002.
- [LDM⁺02] S. Lacroix, M. Devy, E. Malis, P. Rives, F. Laporterie et G. Flouzat. Robots mobiles terrestres et aériens en environnements extérieurs : modélisation de l'environnement et navigation sûre basée sur la vision. In *Journées du Programme Interdisciplinaire ROBEA*, pages 23-27, octobre 2002.
- [OG03] D.R. Olsen et M.A Goodrich. Metrics for evaluating human-robot interactions. In *Proceedings of NIST Performance Metrics for Intelligent Systems*, septembre 2003.
- [Par98] L.E. Parker. Alliance: an architecture for fault-tolerant multi-robot cooperation. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 14(2):220-240, avril 1998.

ANNEXE 2 : Liste des études en cours

Domaine naval :

Plus de 7 études technico-opérationnelles traitant directement des drones pour la sphère aéro-navale ; les principales missions recensées relevant de :

- la guerre des mines, la lutte ASM, le REA (reconnaissance de l'environnement sous-marin)
- le renseignement
- le brouillage ou le leurrage
- le soutien (communication, ...)
- les actions offensives,
- la sécurité maritime : contrôle et identification

Liste des PEA

Référence	Montant robotique à défaut montant PEA	Validation du démonstrateur	Système ou sous-système robotisé Opération liée	Commentaires
DMT 01 31 11	5 Meuros	2006	drones maritimes tactiques problème d'appontage	consultation en cours
SPARTAN 03 19 03	8 Meuros	2007	drone de surface : évitement d'obstacle, charge utile de LSM	
VAMA 98 23 17	3,8 Meuros	2007	démonstrateur de munition anti-mines	coopération avec Norvège
PEA démonstrateur de guerre des	8 Meuros	2008	UUV de guerre des mines : charge utile multi-senseur,	

mines 01 23 24				autonomie décisionnelle définie	
PEA discret 04 24 02	REA	4,8 Meuros	2009	UUV disposant d'une charge utile multisenseur de REA	REA :rapid environmental assessment

Domaine terrestre :

Étude prospective technico-opérationnelle HOBOT.

Cette étude a pour objectifs de définir des concepts d'emploi à l'horizon 2030. Sans préjuger des technologies disponibles à cette échéance, il s'agit de proposer des architectures opérationnelles d'intervention sur des scénarios prédéfinis.

Étude technico-opérationnelle ROBOZUB.

Visant un horizon moyen terme, cette étude permet de définir des moyens et des concepts d'emploi sur des scénarios opérationnels. Les résultats obtenus orientent les plans d'études amont pour le développement de technologies non disponibles sur étagère.

Études amont (PEA) MiniROC, CADENCE, TAROT. (une liste des PEAs en cours ou en consultation est fournie ci-dessous)

Ces études ont pour objectifs de définir les briques technologiques nécessaires au lancement des programmes. Elles permettent de s'assurer de la levée des points durs avant tout engagement dans une opération de développement programme. Les axes majeurs aujourd'hui explorés concernent les capacités d'autonomie des systèmes, la mise en œuvre collaborative ainsi que les aides au combat d'infanterie (infanterie seulement, ou combat de contact de manière plus général, ce dernier pouvant inclure l'intervention d'autres unités a priori ?) Ne pas oublier également la partie Génie qui s'apparente plutôt aux missions de préparation du terrain et non de combat (déminage, bréchage, ouverture d'itinéraire, ...°

Démonstrateur SYRANO.

Véritable vitrine technologique, les démonstrateurs ont pour objectif d'évaluer sur le terrain des technologies et des concepts de systèmes. Directement mis en œuvre par des équipes de l'armée de terre et de la DGA dans le cadre de programmes communs d'essais, ces outils vont permettre d'affiner le cadre de la réflexion opérationnelle et des spécifications techniques qui en sont issues.

Liste des PEA

Référence	Montant robotique à défaut	Validation du démonstrateur	Système ou sous-système robotisé Opération liée	Commentaires
-----------	----------------------------------	--------------------------------	---	--------------

	montant PEA			
PEA CADENCE 03 16 01	-	2004 (réalisation intégrée à BOA)	coopération drones-robots terrestres : assistance du drone à la mobilité du robot, surveillance de zone, protection de convoi BOA	THALES EADS –GIAT Industries SAGEM
MiniRoc 01 16 01	6,8 Meuros	2005-06	validation de la composante robotique comme élément de sens. du combat et du contrôle en zone urbaine 3 robots (éclaireur,soutien, fantassin) + packbot (robot US) pour Egacod, Artist, Felin V2	PGES ECA+INRIA CEMAGREF/LASMEA Bertin ECA HYTEC
PEA BOA	10 Meuros (part robotique)		architecture modulaire contrôle :commande plate-forme mobile briques d'autonomie coopération multi vecteurs planification de mission	Thales Giat-Industries SAGEM

Titre PEA	M€	Activités	titulaires
PEA Evolution 04 06 01	2,5	nouveaux concepts de guidage-navigation + traitements algorithmiques pour usage militaire en robotique terrestre aérienne ou maritime	ENSEA/Cergy LNB/CNRS ENSMP ISEEM/IPSIS
PEA Action 05 06 03	3,5	usage optimal de capteurs dans un réseau hétérogènes de mobiles – optimisation d'échanges d'informations pour la fonction localisation	CNRS-ONERA- INRIA-CEA
PEA Tarot 03 16 07	3	développement de technos pour robots semi- autonomes : suivi d'amer, de routes et évitement	

	d'obstacles SUZON - BOA	
--	----------------------------	--

ANNEXE 3 : Liste des thèmes de recherche

--

Thème 1 : Architectures mécatroniques

Besoin

Les structures mécaniques classiques (systèmes à roues ou à chenilles) montrent des limites en terme de mobilité sur tous types de terrain. Il est impératif d'étudier des mécanismes différents qui rompent avec les conceptions anciennes pour pouvoir affronter ces difficultés : systèmes combinant plusieurs modes de locomotion, systèmes hybrides (pouvant évoluer dans différents milieux), etc. Le contrôle du mouvement de telles structures est alors d'autant plus complexe et fondamental (cf. thème 5).

A ces considérations s'ajoutent généralement des besoins opérationnels aux conséquences fortes :

- nécessité d'une haute résistance aux chocs,
- possibilité d'évoluer en conditions climatiques et environnementales difficiles (températures, humidité, fumées...),
- capacités d'emport importantes
- discrétion

Axes d'étude et de recherche

1) Structures de locomotion

1.1) Structures de locomotion génériques pour des robots terrestres (en considérant éventuellement plusieurs classes de gabarit)

Conception et contrôle de :

- systèmes de locomotion « génériques » (robustes et offrant de bonnes performances de mobilité en moyenne), en particulier de type chenilles articulées, hybrides pattes / roues, voire pattes uniquement
- systèmes de locomotion avancés : systèmes plus rapides, exploitant mieux leur dynamique (ex. : sauts d'obstacles...) et capables d'analyser le terrain (ex. : sélection de mode adapté selon la nature du terrain) notamment
- systèmes humanoïdes pour l'adaptation à des environnements conçus pour l'homme

1.2) Structures de locomotion spécifiques (ex. : canalisation, façade, poteau, échelle, câble...)

Conception et contrôle de :

- systèmes de locomotion spécifiques (ex. : robots adaptés à l'inspection de conduits, systèmes bio-inspirés tels que des imitations du gecko pour le déplacement à la

verticale ou du serpent pour la reptation dans des environnements confinés), mini-robots

- systèmes de locomotion à haute résistance aux chocs (ex. : robots projetables, robots boules...)
- systèmes reconfigurables poly-articulés (ex. : systèmes à pattes capables de marcher au sol et de grimper à un arbre ou à une échelle)

2) Architectures globales

2.1) Architectures de systèmes robotisés génériques

Études de conception d'architectures génériques permettant d'accueillir des modules interchangeables, conception de systèmes « plug and play » (effort de standardisation)

2.2) Architectures de systèmes robotisés dédiés (ex. : enveloppe « détecteur de métaux » d'un petit robot dédié au déminage)

- Études spécifiques de conception de systèmes dédiés à une mission particulière
- Structures à haute résistance aux chocs (ex. : robots projetables, robots boules...)
- Études génériques de robotisation d'outils ou de véhicules (effort de standardisation)

2.3) Architectures de systèmes robotisés adaptatifs de gabarit et de configuration variables (en particulier possibilité d'évoluer dans différents milieux)

Conception et contrôle de :

- systèmes gigognes
- systèmes reconfigurables (systèmes poly-articulés, structures souples et déformables...)
- systèmes multi-milieu (robots amphibies, robots équipés de systèmes de vol ou de parachute, hybridations drone/robot, etc.)

2.4) Exosquelettes

Conception et contrôle d'exosquelettes

3) Systèmes de manipulation génériques et spécifiques (ouverture de portes, manipulation d'outils...)

Conception et contrôle de systèmes de manipulation génériques ou spécifiques (bras et préhenseurs)

Thème 2 : Autonomie énergétique

Besoin

La crédibilité des engins robotisés, tous milieux confondus, dépend fortement de leurs capacités d'endurance : le besoin de réduire et d'optimiser la consommation énergétique pour augmenter la durée d'action des robots est très grand.

Cette problématique n'est bien entendu pas propre à la robotique : elle existe pour les véhicules à propulsion thermique et de façon plus critique pour ceux à propulsion électrique*.
Co

Axes d'étude et de recherche

- stratégies de récupération de l'énergie (par freinage, etc.)
- réduction de la consommation énergétique des capteurs et des effecteurs
- amélioration des technologies actuelles en terme de rendement et de capacités de stockage (cf. nanosources d'énergie...)
- utilisation de nouvelles sources d'énergie "classiques" (piles à combustible...)
- impacts sur les aspects décisionnels (cf. thème 4).

Thème 3 : Action

Besoin

La précision et la rapidité d'exécution des actions que le robot réalise dépend fortement des stratégies de contrôle mises en place.

Axe d'étude et de recherche

- Travaux « fondamentaux » sur la commande : asservissement du robot sur une trajectoire précalculée (en particulier pour les robots non holonomes), et plus généralement suivi d'un enchaînement de configurations issu d'une planification (avec par exemple, outre le mouvement, des actions de manipulation), commande référencée capteurs (asservissements visuels...), techniques de commande robuste en environnement dynamique, etc.
- Contrôle des systèmes (de locomotion, de manipulation...) à degrés de liberté multiples
- Considération explicite de la dynamique (accélérations, inerties et interactions avec le sol) dans le contrôle d'exécution des déplacements
- Supervision, vérification d'exécution et estimation d'efficacité de l'action

Communication à l'Académie des Technologies, « prospective sur l'énergie au XXI siècle, 141 pages, décembre 2004, www.academie-technologies.fr

- Estimation en ligne des modes d'action les plus adaptés et mécanismes de transition stables (cf. thème 4)

Thème 4 : Perception

Besoin

Ce domaine est essentiel pour le développement de toute application robotique, mais des limites subsistent :

- Certaines sont intrinsèques aux capteurs : forte sensibilité aux conditions ambiantes (éclairage, en particulier, pour la vision), imprécisions et erreurs de mesures, etc.
- D'autres sont plus liées aux traitements automatiques des données perceptuelles : gestion de l'immense variété des configurations possibles de l'environnement, traitement des incertitudes, difficultés à appréhender les aspects « cognitifs » de la perception humaine, etc.

Des avancées en terme de robustesse et de fiabilité doivent encore être réalisées, notamment par le recours à des capteurs récents plus performants ou à des méthodes (fusion) permettant de tirer parti des complémentarités de chacun.

Aux traitements « spécifiques » des données de perception (reconnaissance d'objets particuliers) s'ajoute le besoin de processus capables de fournir une analyse générale de la scène, voire en y incorporant une dimension sémantique.

Des exigences plus pratiques et pragmatiques, doivent aussi être considérées pour permettre de passer de démonstrateurs de concepts à des produits réellement utilisables : protection des capteurs, nettoyage des optiques, mise en place de systèmes anti-éblouissements. L'aspect dynamique des systèmes robotisés mobiles ne doit pas être négligé et doit être appréhendé via la mise en place de systèmes de stabilisation et d'algorithmes robustes aux mouvements des capteurs.

Axes d'étude et de recherche

1) Capteurs

1.1) Capteurs pouvant se substituer aux capteurs humains pour accroître la portée de perception humaine

Nouveaux types de capteurs (rétines artificielles, vision fovéale...), capteurs tactiles (notamment « peaux » bardées de capteurs...), capteurs olfactifs...

1.2) Capteurs complémentaires des capacités sensorielles humaines

- Capteurs télémétriques : développement des capteurs 3D (limitation de l'encombrement, de la consommation énergétique et du coût), télémétrie 2D multicouches
- Capteurs visuels omnidirectionnels visibles et IR
- Radars (en particulier, radars ultra-large bande pour voir à travers les murs)
- Ceintures de capteurs acoustiques
- Capteurs dédiés : détection d'explosif, détection NRBC, détection de snipers...

2) *Traitements des données perceptuelles*

Recherches « fondamentales » sur le traitement du signal (traitement d'images notamment, adaptés à différents types de caméras), reconnaissance de formes et fusion de données (fusion multicapteur, fusion numérique spatiale et temporelle de données de même nature, fusion symbolique ...)

2.1) *Détection, reconnaissance, identification d'objets spécifiques de l'environnement (routes, murs, lisières...) et d'objets tactiques (personnes, véhicules, pièges...)*

Amélioration de la robustesse des techniques de DRI (gestion des variations de luminosité, des occultations, de la dynamique du porteur et du capteur, auto-évaluation des algorithmes), problématiques d'identification ami/ennemi/autre, détection spécifique des snipers et des pièges, développement des techniques de fusion de données

2.2) *Suivi perceptuel et analyse de comportement des objets dynamiques*

Amélioration des techniques de suivi multicibles (gestion des ambiguïtés d'association de données et des occultations, prise en compte de la dynamique spécifique de certains objets et des contraintes de déplacement induites par l'environnement, compensation des mouvements du porteur...), analyse de comportement des objets dynamiques (analyse de posture et de comportement individuels et analyse de comportements de groupe)

2.3) *Modélisation de l'environnement et analyse de scène « générique »*

- reconstruction géométrique 3D d'objets (en particulier obstacles positifs et négatifs) et analyse de leur nature (ex. analyse des obstacles naturels pour savoir s'ils sont franchissables tels que des buissons)
- problématique de localisation et de cartographie simultanées (« SLAM ») : gestion de la cartographie de grands environnements, évolution vers des représentations plus riches et mieux structurées, amélioration des techniques de cartographie 3D (particulièrement en zones urbaines) et de modélisation d'environnements dynamiques.
- analyse globale de scènes : amélioration des techniques de segmentation, de classification automatique et d'indexation d'images, introduction et manipulation d'informations sémantiques

- prise en compte (fusion) d'informations initiales, issues de SIGs ou de données aériennes

Thème 5 : Décision

Besoin

Si les aspects relatifs à l'autonomie du mouvement sont aujourd'hui déjà bien maîtrisés, il n'en est pas de même pour l'autonomie décisionnelle. Cette dernière ne semble pas techniquement atteignable à court et moyen terme, du moins dans le cadre de missions relativement complexes (ex. : reconnaissance d'un ensemble d'immeubles, délivrance d'un otage...). De plus, elle reste aujourd'hui difficilement acceptable par les opérationnels qui souhaitent pouvoir reprendre à tout moment le contrôle total ou partiel du robot.

C'est pourquoi l'homme doit encore être considéré dans le processus de décision des robots : certains choix peuvent être le fait de l'opérateur, du robot, ou résulter d'un arbitrage entre les deux.

Ces choix nécessitent la connaissance (même partielle et entachée d'erreurs) de la situation instantanée du robot et de son environnement. Celle-ci est a priori meilleure lorsqu'elle peut tenir compte du passé (notamment via un apprentissage) et de la situation probable que l'on peut rencontrer dans le futur avant d'atteindre le but visé. Cet ensemble de connaissances constitue le contexte décisionnel.

Un travail important pour fiabiliser les processus, permettre à l'homme de comprendre les résultats (et donc les actions réalisées par le robot) et autoriser l'opérateur humain à reprendre la main si nécessaire doit également être mené pour que de tels systèmes soient acceptés et réellement utilisables.

Axes d'étude et de recherche

1) Autonomie de déplacement

Techniques de planification de mouvement locaux et globaux, considération des déplacements dynamiques (cf. thème 5).

2) Augmentation de l'autonomie décisionnelle du robot

Recherches "fondamentales" sur l'intelligence artificielle, les méthodes de recherche opérationnelle, l'analyse et la reconnaissance de situations, les techniques de décision, d'optimisation...

2.1) Capacités d'estimation et d'analyse de la situation

Techniques d'analyse et de reconnaissance de situations, intégrations des données issues de la perception

2.2) Capacités de planification et de replanification

Techniques de planification de tâches (cf. thème 10) et de replanification (automatique ou semi-automatique) en cours de mission, avec gestion des incertitudes et des contraintes opérationnelles : aspects « temps réel » à considérer (par exemple au détriment de l'optimalité des solutions)

Prise en compte des contraintes de communication (contrôle de la communication) et de consommation énergétique.

2.3) Capacités d'adaptation en ligne

- Développement de l'évaluation hors ligne ou en ligne (à différents niveaux : fonctions, sous-fonctions...) pour définir les domaines de fonctionnement des différents éléments du système et sélectionner ceux qui sont le mieux adaptés au contexte
- Développement de l'auto-diagnostic (stratégies de gestion des pannes...) et plus généralement de techniques de contrôle d'exécution et de sécurité de fonctionnement
- Développement des méthodes d'apprentissage hors ligne (pour limiter le besoin de définition explicite de cas) ou en ligne

3) Amélioration des modes d'interaction homme / robot

- Étude de l'autonomie ajustable : caractérisation et gradation de l'autonomie décisionnelle, étude des mécanismes de transition d'un mode à l'autre...
- Développement de modalités d'interaction homme / robot plus élaborées : contrôle coopératif (caractérisation des compétences requises des opérateurs, échanges de questions prédéfinies...), initiatives mixtes (dialogues complexes en langage naturel...).

4) Architecture décisionnelle

Organisation de la décision : étude et spécifications des interactions entre niveaux décisionnels, niveaux fonctionnels et opérateur.

Thème 6 : Architecture logicielle

Besoin

Le besoin d'un « système d'exploitation » (définition de standards...) pour des robots est très grand, tant pour offrir des facilités de développement (échanges entre équipes de recherches ou entre client et fournisseur...) que d'opération et de maintenance.

Axe d'étude et de recherche

- Conception d'architectures modulaires, ouvertes et plus standardisées (en particulier, définition de classes de composants et de protocoles de communication entre les différents modules de l'architecture)
- Modélisation et description fonctionnelle des architectures (par exemple via UML...) et modélisation des composants
- Validation des logiciels et sécurité de fonctionnement.

Thème 7 : Systèmes multi-robots

Besoin

Il s'agit notamment d'étendre les différentes fonctions du robot (perception, localisation, navigation, décision, mouvements coordonnés...) et les architectures de contrôle au contexte multi-robots. L'objectif est d'obtenir un système globalement plus performant, et en particulier plus rapide (ex. : exploration) et plus robuste (via la redondance entre robots).

Cette problématique nécessite de prendre en compte différents cas de figure : coopération entre robots homogènes ou hétérogènes, ordres d'échelle variables (quelques robots, quelques dizaines de robots, essais...), niveaux d'autonomie variables (problématiques de partages d'autorité entre téléopérateurs pour les robots téléopérés, coopération multi-entités pour des robots autonomes...).

Axes d'étude et de recherche

1) Perception coopérative

Développement des stratégies de partage et de coordination de la perception pour la fusion de points de vue complémentaires, pour l'amélioration de la couverture du terrain...

2) Décision coopérative

- Poursuite des développements d'architectures de contrôle multi-robot selon des schémas d'organisations variées, (centralisée ou décentralisée...), définition de standards multi-robots....
- Analyse de situation multi-robot

3) *Action coopérative*

- Déplacements coopératifs (maintien de formations spatiales, voire temporelles pour le déplacement en perroquet par exemple) le long de trajectoires
- Mise en œuvre individuelle des tâches collectives pré-définies
- Replanification coopérative (insertion de plans...)
- Développement de stratégies de communications adaptées à des systèmes multi-robots (cf. thème 8 communications : robots relais avec déplacements adaptés),

4) *Planification de mission multi-robots*

Extension multi-robots des techniques de planification de mouvement et de tâches (répartition, allocation...)

5) *Interactions homme(s) / robots*

Extension des modes d'interaction homme(s) / robot au cas multi-robots : du partage d'autorité à la coopération multi-entités ; prise en compte de la problématique de compréhension de la situation et de l'état du système multi-robots par l'homme, prise en compte des interfaces matérielles nécessaires et de l'ergonomie associée

Thème 8 : Communications

Besoin

Dans un système robotique multi-robots et multi-opérateurs, il existe des relations hiérarchiques et des relations de même niveau qui doivent s'établir à travers des systèmes de communication ad hoc : entre un téléopérateur humain et un robot, entre un téléopérateur et un groupe de robots, entre deux téléopérateurs, entre robots entre eux, entre un téléopérateur et sa hiérarchie, etc.

L'exploitation correcte des robots (que ce soit pour la téléopération ou la supervision du système) n'est donc pas viable en l'absence de liens de communications fiables et robustes. Notons que l'augmentation des capacités décisionnelles des robots vise à limiter les besoins d'échanges de données avec les opérateurs – mais pas à les supprimer.

Axes d'étude et de recherche

- Augmentation des débits de communication pour les applications terrestres et marines (communications acoustiques sous-marines longue distance haut débit), en particulier pour les systèmes cryptés
- Développements de nouveaux systèmes de communication : liaison satellites (gestion des temps de réponse importants)
- Compression d'informations et extraction d'informations synthétiques dans les données brutes (par exemple dans les images) pour limiter les volumes de données à échanger
- Diminution et/ou gestion des retards de transmission d'informations
- Protocoles/architectures autorisant la transmission fiable d'informations en cours de déplacement
- Protocoles/architectures permettant le relais des communications par la constitution d'un réseau mobile (en particulier, exploitation de systèmes multi-robots susceptibles de constituer les relais et évoluant en tachant de maintenir un réseau de communication efficace)
- Conception de systèmes de communication entre drones et opérateurs multi-milieux (terrestres, aériens, maritimes)
- Intégration aux réseaux infocentrés

Thème 9 : Interfaces Hommes / Systèmes

Besoin

Il s'agit d'obtenir des moyens d'interaction homme(s)/ robot(s) (moyens matériels permettant la "communication" entre les deux entités) performants, ergonomiques et susceptibles de s'interfacer facilement avec des systèmes tiers (SIO...)*.

Axes d'étude et de recherche

- Amélioration des interfaces classiques (visuelles...) : meilleure ergonomie...
- Développement des interactions selon des modalités sensorielles moins classiques (interfaces haptiques, vocales...)
- Techniques de réalité virtuelle pour analyser les grands flots de données, techniques de télé-immersion (pour les UUV notamment)
- Développement des interfaces multimodales et miniaturisation (intégration sur PDA...)
- Intégration à des systèmes de planification (SIO...)
- Standardisation, développement de systèmes modulaires, adaptables et reconfigurables...

Thème 10 : Préparation de mission

Besoin

Ce thème aurait pu faire partie du thème 4 (Décision). Cependant, du fait de son ampleur et de ses spécificités, il a été jugé préférable de l'identifier séparément. Néanmoins, son importance reste identique et il est probablement à considérer comme prioritaire dans les futures recherches, d'autant qu'au sein du ministère de la Défense, les travaux et résultats exploitables portant sur ce domaine sont rares.

La préparation de mission inclut une étape de vérification / validation de la faisabilité de la mission (discrétion du système, autonomie énergétique, capacité à effectivement évoluer dans les zones devant être traversées, qualité des communications, intervisibilités avec les ennemis ou les objectifs, respect des contraintes temporelles et coordination avec les autres acteurs du dispositif opérationnel).

Remarque: l'étape de planification a priori relève des techniques d'IA / décision mais n'est pas soumise aux contraintes temporelles fortes auxquelles la replanification en ligne (cf. thème 4) est confrontée. A ce niveau, on privilégiera le plus souvent la complétude et l'optimalité des solutions calculées plutôt que la vitesse d'exécution.

Rapport de l'Académie des Technologies « Interaction Homme – Machine », 213 pages, Octobre 2004, www.academie.technologies.fr

Axes d'étude et de recherche

- Recherches “fondamentales” dans les domaines de la recherche opérationnelle, de l’optimisation...
- Développement de méthodes de planification de trajectoires optimales et rapides (ex : approches hiérarchiques multi-échelles) à partir de modèles d’environnement incertains
- Amélioration des méthodes de planification de tâches, à la fois sur le plan algorithmique et sur le plan des représentations (représentations plus dynamiques, gestion des incertitudes...); en particulier, développement de systèmes multi-horizons (temporels), multi-échelles (spatiales) et multi-niveaux (hiérarchiques)
- Considérer différents niveaux d’implication de l’homme : planification manuelle assistée, automatique, conjointe hommes / robots...
- Développement de méthodes de vérification / validation de faisabilité de la mission
- Intégration avec un SIO opérationnel

Thème 11 : Stratégies d’emploi, insertion dans les armées

Besoin

Cet axe ne constitue pas réellement un axe de recherche mais plutôt un axe d’études ou d’ingénierie. Pour le développer réellement, il faudra attendre de disposer de robots et des retours d’expérience opérationnels associés.

Axes d'étude et de recherche

1) Amélioration des plates-formes en vue des conditions d’emploi opérationnelles

- robustification, amélioration de la survivabilité des plates-formes
- développement de systèmes bas coûts « jetables »
- configuration, et mise en œuvre rapide, moyens de déploiement et de récupération efficaces

2) Amélioration de l’acceptabilité des robot

- Moyens de démonstrations robustes, bas coût (utilisation de COTS...), modulaires et faciles à mettre en œuvre en vue d'une augmentation des retours d'expérience
- Définition de concepts d'emploi précis (par exemple via l'exploitation de simulateurs technico-opérationnels) et définition de scénarios techniques et opérationnels types
- Formation des opérateurs à la robotique
- Développement d'actes élémentaires / actions réflexes robotisés pour faciliter l'insertion des robots dans les doctrines.

Thème 12 : Simulation

Besoin

La simulation s'avère utile à différentes phases de développement d'un système :

- étude de besoin et de définition : outil de dimensionnement des systèmes (en particulier via l'interaction avec de nombreuses autres entités simulées, dans des environnements très variés)
- conception : support d'étude et de test des algorithmes et de leurs variantes, moyen d'anticiper / étudier les difficultés...
- en phase d'évaluation : support de validation...
- en phase d'étude des concepts d'emploi : support de visualisation...

On peut noter que la mise en œuvre de simulations fiables ne peut être entreprise que si celles-ci sont alimentées par des jeux de données réalistes et que si les processus qui y sont modélisés sont correctement connus et maîtrisés. Or la robotique étant un domaine jeune, de nombreuses informations, par le biais d'évaluations, restent à collecter.

Axes d'étude et de recherche

- Modélisation des robots (et des hommes pour la modélisation des interactions avec l'opérateur) à différents niveaux de granularité (simulation fine, simulation fonctionnelle, etc.), en prenant en compte leurs imperfections
- Modélisation plus réaliste des systèmes de perception (en particulier la vision)
- Développement de standards (éventuellement compatibles avec ceux des simulateurs des autres domaines, pour permettre l'incorporation de robots dans des simulations à plus grande échelle, intégrant des systèmes habités et des hommes)

Thème 13 : Évaluation

Besoin

Les évaluations sont indispensables à différentes étapes de développement du système :

- en phase de conception pour sélectionner les méthodes les plus prometteuses (entre méthodes concurrentes, entre variantes d'algorithmes...), et vérifier les domaines de fonctionnement des moyens matériels et logiciels (par exemple afin de sélectionner les modes les plus adaptés selon le contexte environnemental)
- en phase de validation pour vérifier la tenue des performances et les domaines de fonctionnement

Axes d'étude et de recherche

- Spécification de méthodologies globales d'évaluation objectives et reproductibles concernant toutes les fonctions de la robotique (locomotion, perception, décision, etc.) et différents niveaux (sous-fonctions, fonctions, système global...),
- Définition de missions, scénarios et environnements types pour des évaluations techniques et opérationnelles (en lien avec la simulation),
- Spécification et développement d'aides (interfaces d'aide au marquage de la vérité terrain...) à la constitution de bases de données standardisées et diffusables (du moins partiellement pour l'aide au développement d'algorithmes),
- Définition de métriques quantitatives multiples individuelles et agglomérées (métriques absolues et métriques permettant la comparaison entre résultats d'algorithmes et vérité terrain),
- Développement et diffusion d'infrastructures standardisées pour le développement logiciel et le rejeu synchronisé de données, développement d'environnements logiciels d'évaluation.

ANNEXE 4 : Mandat du Club de réflexion et de recherche

« Quelle recherche en robotique pour les applications futures de la Défense (contexte terrestre et naval) ? »

L'essor des recherches menées dans le domaine technique de la robotique conduit dans le cadre de la prospective à s'interroger sur les nouvelles potentialités et les applications de la robotique aux systèmes de Défense à l'horizon post-2015.

La problématique de la robotique porte sur la conception et l'étude de fonctions de perception, de décision et d'action , et sur l'intégration cohérente de ces fonctions en un système physique. Ce système doit mettre en œuvre ses fonctions sensori-motrices et

décisionnelles pour réaliser de façon autonome une diversité de tâches dans un environnement dynamique imparfaitement modélisé, pour interagir avec d'autres systèmes et avec l'homme.

Les progrès en miniaturisation , microélectronique et micromécanique et les nouvelles capacités des systèmes de traitement de l'information et de communication créent aujourd'hui les conditions technologiques favorables au développement de robots autonomes.

Les progrès en sciences cognitives et les progrès réalisés dans la compréhension du vivant ouvrent la porte à de nouvelles avancées sur les capacités d'apprentissage et d'intelligence d'entités artificielles, matérielles et à leur diffusion dans des environnements en forte interaction avec l'homme.

En faisant se rencontrer les scientifiques du domaine (universitaires et industriels) et les représentants de la Défense, ce groupe de travail aura vocation à fournir une réflexion croisée en vue de préciser ce que l'on peut attendre des recherches actuelles et à venir en robotique à l'horizon post-2015, pour les besoins Défense et au final mieux cerner certaines problématiques liées à l'utilisation de ces robots.

Les applications possibles de la robotique sur le champ de bataille et dans le milieu marin seront examinées (les drones aériens ne font pas partie volontairement de cette réflexion prospective car des travaux sont menés par ailleurs):

Plus précisément, les questions suivantes pourront être traitées :

-Quelles sont les avancées techniques et technologiques de la robotisation, comment la miniaturisation des capteurs et des actionneurs (émergence des nanotechnologies) et la disponibilité d'ordinateurs plus rapides impacteront ces systèmes robotisés; quelles sont les avancées et les attendues en intelligence artificielle, techniques de l'information et de communication, bionique.....quels sont les défis technologiques à relever pour la Défense,

-Quelle sera la place de l'homme vis à vis de ces systèmes, quelles seront les modalités de l'interaction robot/opérateur et robot/collatéraux, rendues nécessaires ou possibles par les architectures de contrôle et par des techniques d'IHM (réalité virtuelle, réalité augmentée, interfaces multi-modal ...)

-Quels sont les enjeux politiques et stratégiques de la robotisation, quel est le droit d'utilisation de ces robots, et les conséquences de leur utilisation (juridiques, médiatiques, éthiques, psychosociales)

-Quels sont les marchés civils industriels actuels,

-Quelles sont les capacités supplémentaires et/ou les contraintes demandées à ces robots vis à vis de la numérisation du champ de bataille et des réseaux info-centrés,

-.....

Les résultats de ces travaux serviront à alimenter les réflexions de prospective de la DGA.

Fonctionnement du club :

La création du présent club de réflexion doit permettre de contribuer à un dialogue fructueux entre des personnalités de l'industrie d'armement, des universitaires et des officiels français et / ou européens.

La participation au club se fait sur la base du volontariat.

Toute contribution est faite à titre gracieux.

Le CHEAr, (DGA/D4S/CHEAr), s'engage à apporter son soutien dans l'organisation, le secrétariat des réunions , la synthèse des travaux et le rayonnement du club (journée thématique du LSA, diffusion des travaux).

La durée des travaux est fixée a priori à un an.

Le rythme de réunion se fera suivant le besoin.

Le rapport final formulera des propositions ; il a vocation à connaître une large diffusion, pour alimenter les réflexions et débats sur l'impact de la robotique dans les quinze prochaines années.

Les travaux du club s'effectueront en dehors des cadres institutionnels et ses membres pourront en toute liberté exprimer leurs opinions sur le thème de réflexion retenu.

L'autonomie du Club sera assurée de manière à donner à ses membres et aux personnalités qu'ils consulteront la possibilité d'émettre des idées novatrices et originales. Toute position ou proposition formulée dans le cadre du présent mandat est réputée émaner de l'ensemble du club et non d'un membre en particulier.

D'une manière générale, les membres du club s'engagent à ne pas porter de jugement de valeur sur des personnalités ou des institutions qui seraient concernées par le sujet de réflexion retenu. Ils s'engagent à observer une stricte neutralité et à ne pas défendre d'intérêts purement corporatistes ou d'organismes. Ils s'engagent à mener leurs travaux de réflexion avec la plus grande impartialité et la hauteur de vue qui conviennent au sujet traité.