



Un robot pour assister les pompiers

Les expérimentations et les retours d'expériences ont montré que l'utilisation des robots, outre la diminution du niveau de dangerosité des missions pour les hommes, permet d'augmenter l'efficacité globale d'une intervention par des missions d'appui ou de reconnaissance.

L'évolution des risques et des menaces, notamment chimiques et bactériologiques, a mis nos équipes spécialisées dans une permanente situation de remise en question et d'optimisation. Dans ce contexte, les expérimentations et les retours d'expériences ont montré que les systèmes robotisés pouvaient trouver leur place dans ce domaine opérationnel complexe et particulier (décombres, zones d'incident nucléaire ou chimique, attentats...) [1].

En effet, l'utilisation de robots, outre la diminution du niveau de dangerosité des missions pour les hommes, permet d'augmenter l'efficacité globale d'une intervention par des missions d'appui ou de reconnaissance. Ayant été développés pour des applications militaires ou de déminage, les robots disponibles sur le marché ne permettaient pas, il y a trois ans, de traiter réellement ce large spectre des nouvelles interventions, relié au monde des opérations de secours [2].

Un programme de l'Agence nationale pour la recherche a donc rassemblé sous son aile, trois années durant, des partenaires complémentaires d'un point de vue

technologique et opérationnel :

- la société ECA qui a apporté son expérience en robotique et en intégration de systèmes ;
- le CEA et l'Ineris, qui ont amené leur connaissance approfondie des technologies liées à la détection radiologique et chimique ;
- l'Ensp et le Sdis 13 qui ont représenté l'expertise métier.

L'approche métier

La variété des tâches identifiées et les contraintes technico-économiques sous-jacentes [3] ont démontré que le robot unique, « à tout faire », n'existait pas. Une approche croisant les contraintes d'emploi, l'ergonomie [4] et les technologies disponibles a fait définir et approcher une gamme homogène de matériel comprenant plusieurs classes de robots. Schématiquement, cette famille se compose de robots légers (1 à 10 kg), de moyens (10 à 40 kg) et de matériels lourds (de 40 à 400 kg). Les composantes opérationnelles de reconnaissance (pour les légers), d'appui et de transport (les lourds)

sont bien entendu liés au choix dans la gamme.

Définition des besoins

L'analyse des besoins réalisée par de nombreux auteurs [5], [6] et en particulier par le Sdis 13 à partir de 2003, a constitué la base opérationnelle de ces travaux.

Souhaitant de plus couvrir le plus grand nombre de tâches identifiées, essentiellement reconnaissance et appuis NRBC, le choix du groupe s'est porté sur le développement d'une machine de gamme

Tableau 1

Caractéristiques de la plate-forme

Longueur	670 mm (flippers rangés) (+200 mm si flippers sortis)
Largeur	520 mm
Hauteur	200 mm (hors antennes)
Garde au sol	60 mm
Poids à vide	26,5 kg

moyenne. Naturellement, cela est allé de pair avec la définition d'un concept d'emploi : intégration dans un secteur opérationnel, éventuellement spécialisé, aux ordres direct d'un chef d'agrès, lui-même rattaché à un chef de secteur.

Les critères d'évaluation ont été, dès l'amont, listés : motricité, robustesse, transmissions, mesure, imagerie, opérationnalité, reconditionnement. Chaque critère sera décomposé en paramètres ou sous-critères notés à l'évaluation (*voir schéma*).

Le robot « SRIP »

• La plate-forme mobile

La base mobile est une plate-forme chenillée dont les caractéristiques principales sont précisées dans le tableau ci-contre

Elle est équipée :

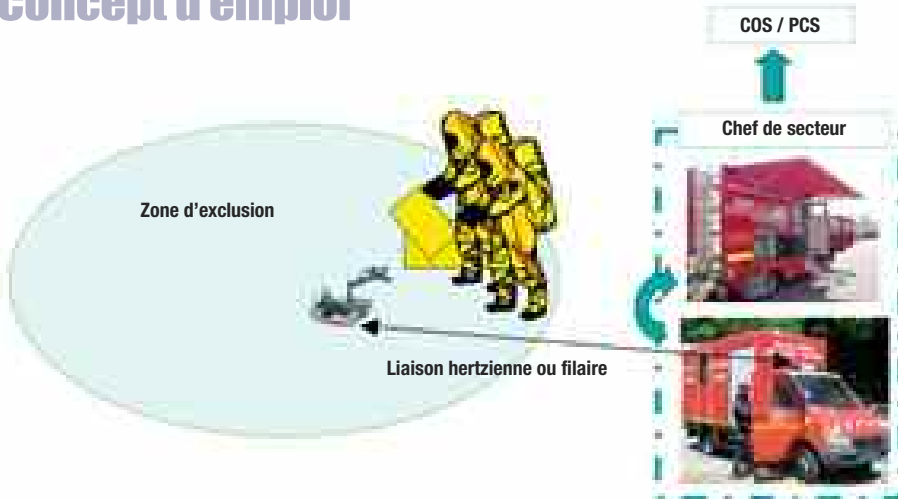
- d'une caméra de conduite avant et d'une caméra de conduite arrière (caméras couleur avec commutation automatique en noir / blanc par faible éclairage) ;
- d'un microphone pour le retour des sons d'ambiance ;
- d'un haut parleur pour la diffusion de messages ;
- d'un capteur de température extérieure ;
- de deux capteurs sécurisant cette plate-forme : un radiamètre et un détecteur explosimètre.

Le radiamètre : développé par le CEA pour la détection et la délivrance d'un seuil d'alerte radiologique le radiamètre est intégré directement la base mobile. Le capteur utilisé est un capteur de type Geiger-Müller polarisé à 600 V, dont le pilotage est réalisé par un microcontrôleur PIC, qui, assure sa performance et sa stabilité, par un algorithme adapté.

Le voyant radiologique est vert en zone publique (débit de dose inférieur à 2.5 µSv / h) et rouge au-delà du balisage (débit de dose supérieur à 2.5 µSv / h).

Le détecteur explosimètre : le robot

Concept d'emploi



supporte en permanence une combinaison de quatre détecteurs : deux détecteurs catalytiques qui sont dédiés à la mesure des gaz et des vapeurs explosives, et deux (électrochimiques) qui mesurent la teneur en oxygène et en hydrogène sulfuré, pour corriger le cas échéant, les mesures fournies par les deux détecteurs catalytiques.

Développés par l'Ineris, l'algorithme de traitement des signaux et le module de contrôle Rabbit® ont été mis au point après de nombreux essais

L'utilisateur possède sur l'interface graphique une icône qui change de couleur (vert : pas de gaz ; orange : concentration de gaz inférieure au seuil de déclenchement du relais ; rouge : le seuil de déclenchement a été atteint et l'énergie du robot coupée), associée à un bip sonore. Les seuils de déclenchement sont paramétrables.

• Les modules-missions

Les divers modules-missions sont montés sur le robot à l'aide d'une interface spécifique. Cette interface, en plus d'assurer les liaisons mécaniques et élec-

triques, intègre le calculateur embarqué de gestion des différents modules.

Le système SRIP est composé de cinq modules-missions :

1. Caméra d'observation : il s'agit d'une caméra couleur (zoom 4x numérique) équipée d'un Pan & Tilt implanté sur un mât basculant. Un éclairage par Led complète le dispositif. En position maximale avant, la caméra permet de voir l'avant du robot, à l'aplomb de celui-ci.

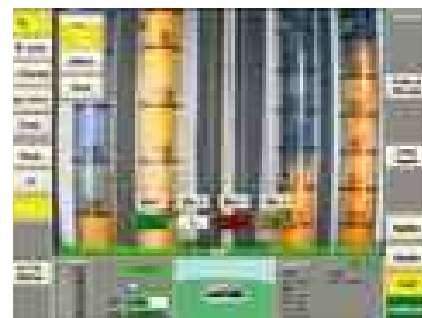
Un pyromètre IR est solidaire du corps



Capteur de type Geiger-Müller polarisé à 600 V.



La camera HD.



Vue de l'écran colorimétrie (ammoniac).

La plate-forme équipée SRIP.



de la caméra et suit celle-ci dans ses mouvements.

2. Caméra haute définition : il s'agit d'une caméra couleur / noir & blanc (ICR filtre change). Elle est équipée d'un zoom optique 10 x, complété par un zoom numérique (2 x à 10 x)

Elle est montée sur un dispositif Pan & Tilt

Pan : 360° sans

Tilt : -45° / 190°.

La base de la caméra est équipée de Led assurant un éclairage hémisphérique.

3. Colorimétrie et prélèvement : un module de mesure par colorimétrie et de prélèvement de gaz et de liquide a été développé pour les besoins du projet. Le module permet la mise en œuvre simultanée de quatre tubes pour mesure colorimétrique, de deux tubes pour prélèvement gazeux et d'un tube pour prélèvement liquide. Il est équipé de deux cannes de prélèvement. Une canne gaz et une canne liquide. Le prélèvement gaz est réalisable jusqu'à 90 cm de haut (canne verticale) ou 50 cm à l'avant de la plate-forme.

L'aspiration au travers des tubes colorimétriques peut être réalisée, soit en automatique et dans ce cas la quantité de gaz traitée est celle indiquée par le fournisseur des tubes, ou manuellement au coup par coup en respectant là aussi la quantité de coups spécifiée.

L'image des tubes est retournée par vidéo vers l'opérateur et affichée sur le poste de commande déporté.

4. Support capteur : le système SRIP est doté d'un ensemble de supports qui permettent de mettre en œuvre rapidement un grand nombre de capteurs chimiques et / ou radiologiques, déjà possédés par les sapeurs-pompiers.

Le retour des données capteurs et l'information opérateur sont réalisés selon deux modes en fonction des capacités des capteurs utilisés :

- insertion des données capteurs dans le flux des données retournées par la plate-forme vers le poste de contrôle déporté si le capteur dispose d'une sortie adaptée (ligne série ou équivalent) ;
- prise de vue et retour dans le flux vidéo de l'image de l'écran du capteur dans les autres cas.

Un à trois capteurs peuvent être implantés simultanément sur la plate-forme.

5. Caméra thermique : un support orientable (0° / +40°) permet l'intégration sur la plate-forme des caméras thermiques détenues par les Sdis. La sortie vidéo de la caméra est insérée dans les retours vidéo système et visualisable directement sur le poste de commande du robot.

• **Les transmissions, le poste de commande**

Le poste de commande déporté et la plate-forme sont reliés par transmission hertzienne 802.11b forcée à 1mb / s (théo-



rique). Les données (commandes, retours d'état, mesures) ainsi que les retours son et vidéo sont inclus dans un flot unique.

Une transmission par fibre câble (toret de 250 de fibre optique) est disponible.

La plate-forme et les modules missions sont pilotés et contrôlés au travers d'un « Tablet PC ».

Ce poste est pourvu d'un écran tactile utilisé pour les affichages d'états, de mesures, de retour vidéo et des commandes du dispositif. Il est complété par deux boîtiers dédiés aux commandes des déplacements de la plate-forme et des divers axes des modules missions lorsque ceux-ci en sont pourvus.

Évaluation

L'évaluation de ce programme s'est appuyée sur deux batteries de tests en parallèle : des tests de résistance en laboratoire et des exercices de terrain sur des scénarios représentatifs.

Les tests de laboratoire ont évalué la résistance aux oxydants, corrosifs, hautes températures et aux forts débits de dose radioactifs. Par exemple, aucun dysfonc-

tionnement de la base mobile n'a été observé pour des débits de dose compris entre 325 μ Gy / h et 520 mGy / h avec des photons de 662 keV.

Les tests terrain ont bien entendu évalué les capacités définies en besoin au moyen de grille de notation très fine, renseignées par des évaluateurs différents. De même, les différents modules-missions ont été aussi validés. Au final, la notation des sept critères principaux et 106 sous-critères donne un résultat de 78 % de satisfaction des besoins préalablement estimés.

En conclusion

Bien qu'en début d'industrialisation et donc perfectible, le système téléopéré développé à partir des demandes formulées par les sapeurs-pompiers s'est révélé satisfaisant. Il s'est affirmé comme un dispositif à fort potentiel opérationnel. En particulier, ce robot a confirmé ses capacités à fournir de multiples retours de mesures, images et informations des zones contrôlée et d'exclusion, complétant ainsi les données ramenées par les binômes.

Enfin, les années à venir verront probablement d'autres modules-missions se développer, vu la modularité de la solution. ●

Sébastien Bouchet (Ineris), Serge Deltour (ECA), Jean-Marc Denis (ECA), Anne-Marie Frelin (CEA / List), Marc Lopez (Ensosp), Jean-Paul Monet (Sdis 13), Stéphane Mozziconacci (Sdis 13), Stéphane Normand (CEA / List), Laurent Verneuil (Ensosp), Luc Jorda (Sdis 13).



Le support capteur.



Le poste de commande et le module de mesure et de prélèvement.

Références

- [1] Schmauch J.-F. - *Des robots chez les sapeurs-pompiers, utopie ou réalité ?* - Actes du 109^e Congrès national des SP, colloque « Techniques des risques technologiques ». Martigues, septembre 2002.
- [2] Blakeley C. - *Firepsy, Robotic Firefighter West Yorkshire Fire Service*. - Actes du 109^e Congrès national des sapeurs-pompiers, colloque « Techniques des risques technologiques ». Martigues, sept. 2002.
- [3] Savoyat F. - *Étude de faisabilité et d'opportunité relative à la robotique destinée aux sapeurs-pompiers* - compte rendu de stage et d'étude pour le diplôme d'ingénieur d'affaires à l'École supérieure de commerce et technologie de Toulon. Escd éd. - Toulon, décembre 2004.
- [4] Burke J.-L., Murphy R. R., Rogers E., Lumelsky V. J., Scholtz J. - *Interdisciplinary Study on Human-Robot Interaction - Final Report*. DARPA/NSF éd. Arlington, VA USA, février 2004.
- [5] Capitaines Edet P. et Guegan C. - *Emploi des vecteurs robotisés dans la reconnaissance Nrbc* - mémoire de diplôme professionnel RCH4 de l'École nationale des officiers de sapeurs-pompiers. Ensosp éd. Nainville-les-Roches, juin 2005.
- [6] Latil O. - *L'emploi de mini-robots en milieu hostile* - mémoire de Destu, IPST, Université d'Aix Marseille II ; IPST éd. Marseille, sept. 2005.