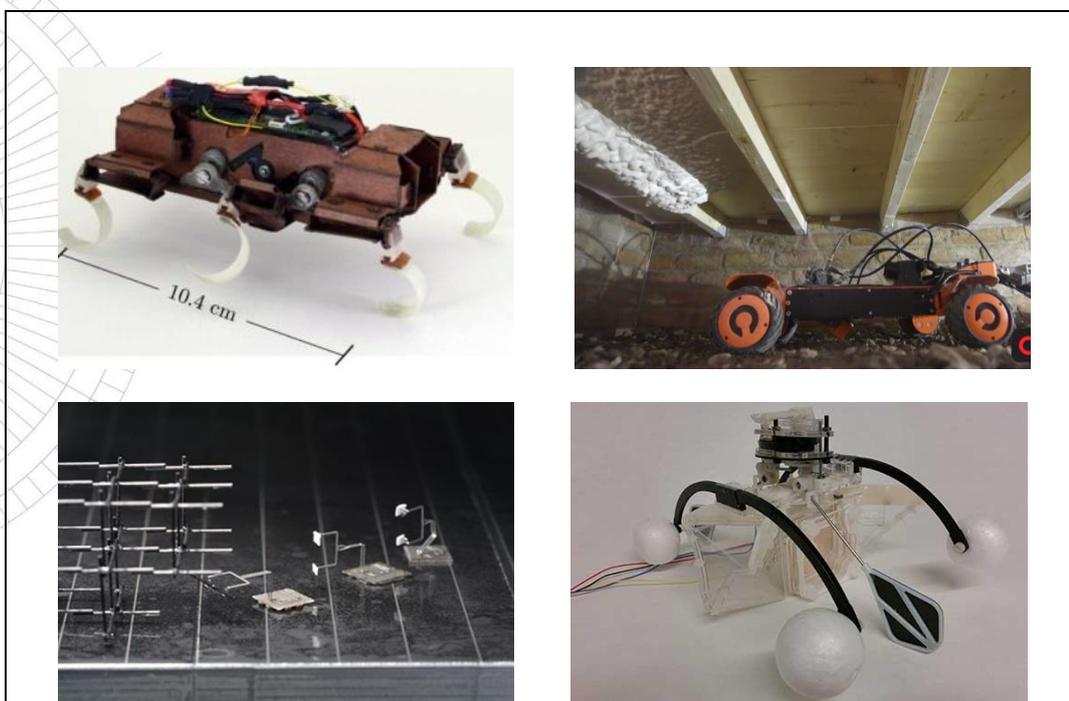


ROBOTIQUE BIO-INSPIREE ET CONCEPTS ROBOTIQUES INNOVANTS

En complément des logiques analytiques qui permettent de concevoir très classiquement les solutions robotiques depuis la perception jusqu'à l'actionnement, les approches relatives à la robotique bio-inspirée s'emploient, quant à elles, à rechercher des solutions de manière plus globale. En reproduisant des comportements naturels, elles débouchent sur des concepts innovants qui peuvent permettre de dépasser des limites techniques souvent jugées infranchissables. Depuis l'intelligence incarnée, simplifiant drastiquement les logiques de contrôle commande, jusqu'au déplacement bimodaux et au travail en horde de robot, cette note de veille propose un tour d'horizon de ces approches innovantes en robotique sur lesquels certains laboratoires capitalisent déjà depuis de longues années. Elle est complétée par quelques exemples de robotique en situations difficiles.

Performances



Sommaire

INTELLIGENCE INCARNEE	2
ACCES EN MILIEUX DIFFICILES.....	3
OPERATIONS EN MILIEU HOSTILE.....	4
DEMONSTRATEURS DE FAISABILITE INDUSTRIELLE	4
MICROBOTS ET ROBOT AUTO-ALIMENTE	5
DRONES ET FLOTTES DE DRONES.....	5

INTELLIGENCE INCARNEE

Robot multi bras pour la préhension d'organes sensibles

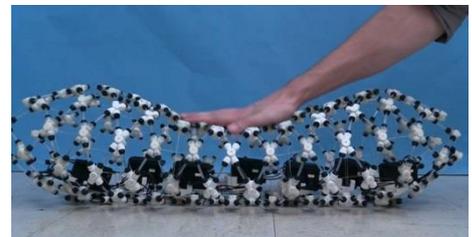
L'équipe de l'Institut de Biorobotique de Pontedera (I) s'est inspirée du poulpe pour concevoir un actionneur flexible qui peut être exploité pour prendre des objets ou déplacer une structure dans un milieu liquide. Le dispositif est constitué d'une enveloppe légère et souple capable de s'adapter à une grande variété d'objet et de contexte. Le prototype actuel est un tube, long de 14 cm pour un diamètre de 3 cm, divisé en deux chambres cylindriques. Celles-ci peuvent être vidées d'air de manière contrôlée pour l'allongement ou la flexion du bras. Une des chambres peut aussi être remplie de marc de café ce qui permet par aspiration de rigidifier le bras pour conserver une position donnée. Les tests effectués démontrent qu'il est possible d'atteindre des angles de pliage jusqu'à 255 degrés et un allongement jusqu'à 62 % de la longueur initiale. Le mécanisme de durcissement a été en mesure d'augmenter la rigidité de 60 à 200 %. Le dispositif devrait pouvoir à terme se substituer à plusieurs des instruments chirurgicaux nécessaires pour réaliser certaines opérations tout en apportant un gain de sécurité par la préservation des organes manipulés des risques d'endommagement.



Robot Poulpe Institut de Biorobotique [Vidéo](#)

Déplacement en espace restreint

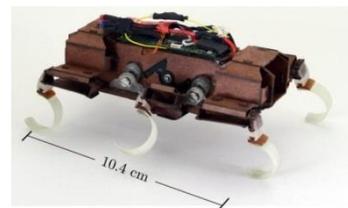
L'équipe SoftWorm de l'Université Case Western Reserve de Cleveland (USA) a combiné plusieurs innovations de conception pour développer un concept de robot sur le principe du péristaltisme (combinaison de contraction musculaire à l'intérieur d'un organe), semblable à celui utilisé par les vers de terre pour se déplacer. Un robot-vers, doté d'un corps souple et avec une motricité efficace en espace restreint, pourrait trouver de nombreuses applications civiles et militaires. Les applications visées sont par exemple l'inspection des pipelines, la conduite de patrouilles en terrain hostile, la maintenance de canalisations tortueuses, l'exploration de structures sous-marines complexes, la recherche de personnes disparues sous des gravats et aussi en médecine l'endoscopie ou l'angioplastie. La création d'ondes péristaltiques exige un contrôle différencié de l'accélération et de la décélération des segments. Les essais réalisés montrent que la transition entre les phases aériennes et terrestres des segments conditionne le glissement, et la vitesse finale du robot. Le concept est pensé pour être hautement évolutif, et des méthodes de construction à deux échelles différentes sont présentées. En pratique, le robot est constitué d'un treillis modulaire construit à partir de pièces imprimées et de composants standards interchangeables. Avec des segments modulables contrôlés de façon indépendante, CMMWorm présente une capacité de contraction de 52 % du diamètre maximum.



CMMWorm Case Western University [Vidéo](#)

Déplacements tout terrain

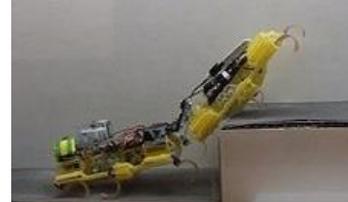
Le Biomimetic Millisystems Lab de la Berkeley University of California (USA) développe une approche de long terme s'inspirant des spécificités animales liées au déplacement et à la manipulation pour développer des nouveaux dispositifs de détection, d'actionnement, et des nouvelles stratégies de contrôle des petits robots. Le laboratoire développe depuis 2008 une lignée de robots inspirés du cafard (roach en anglais) qu'il dote de capacités de déplacement progressivement améliorées. La collaboration avec des biologistes est orientée vers la recherche de systèmes adaptés au déplacement tout terrain. VélociRoACH équipé de six pattes est capable de se déplacer très rapidement pour sa taille car ses foulées de seulement 10,4 cm sont répétées à une fréquence de 45 Hz pour atteindre les 17,6 km/h. Une version du robot équipée d'une simple coque profilée lui permet sans autres mesures particulières de se faufiler dans les milieux encombrés. L'étude des insectes avait montré que la forme de leur carapace leur permet de se faufiler naturellement dans les espaces réduits. Un recensement de stratégies comparables et des propriétés de polymorphisme sont à l'étude afin d'améliorer les capacités de franchissement d'obstacles. De manière plus directe, la mise en collaboration de 2 VelociRoACH a permis de reproduire la méthode coopérative de franchissement d'obstacle d'une famille de fourmis australiennes. JumpRoACH présenté à l'ICRA 2016 est pour sa part équipé d'un module de saut qui lui permet de bondir jusqu'à deux mètres en hauteur pour atteindre directement un nouveau palier. Il est muni d'une coque déployable lui permettant de se rétablir sur ses pattes et de reprendre sa progression.



[Vidéo](#)



[Vidéo](#)



[Vidéo](#)

VélociRoACH de Berkeley University

ACCES EN MILIEUX DIFFICILES

Escalade de murs par électro adhésion

Le centre de recherche et d'innovation SRI International (USA) a breveté une technologie d'électro adhésion ([US7551419](#)) permettant à un robot d'escalader à la verticale des murs et cloisons de bâtiments. Un film polymère portant un circuit imprimé conducteur est alimenté sous une tension de l'ordre de 7 500 V avec une intensité de 50 à 100 μ A permettant de générer des forces d'électro adhésion suffisantes pour supporter le poids du robot. Le film s'enroule autour de tambours afin de permettre une progression de l'ensemble le long du mur à escalader. Le robot d'une surface de 50 cm par 70 cm pèse 1,2 kg et peut porter une charge de 200 g de 10 à 15 cm de la paroi escaladée (1 kg à 2 cm) sur des matériaux tels que le béton, le métal, le bois, le verre et les cloisons sèches. A ce stade les changements de direction sont limités à un angle de 5 degrés. Le système supporte une température ambiante entre 10 et 40°C avec un vent qui doit rester inférieur à 5 m/s. Grait Inc. spin-off de SRI International, développe depuis fin 2013 - pour la production et la logistique - des préhenseurs qui exploitent les mêmes principes.



Wall-Climbing Robots SRI International [Vidéo](#)

Robot pour l'isolation de plancher suspendu

La société Q-bot (GB) a développé un robot capable de se déplacer sous les planchers suspendus, très communs au Royaume-Uni, pour permettre d'y appliquer une isolation sous la forme d'une mousse expansée bi composants. Le robot raccordé à un véhicule de service, qui l'alimente à travers des canalisations flexibles et un raccordement électrique, est commandé à distance par un opérateur équipé d'une manette de commande et d'un écran de contrôle. Il est muni d'une caméra, permettant la navigation et la vérification du résultat obtenu, et d'une buse de projection orientable permettant d'optimiser l'application de l'isolation. L'introduction du robot à travers une trappe permet de réaliser en une seule journée, et sans perturbations importantes, des travaux qui demandaient auparavant des semaines de travail dans des logements qui devaient être libérés de leurs habitants. Spraybot a été titrée meilleure start-up aux récompenses Innovation et Entrepreneuriat en robotique décernées par l'IEEE et l'IFR en 2015 à Seattle.



SprayBot de Q Bot

[Vidéo](#)

Robot qui grimpe et roule sur les murs

Le robot développé par Disney Research et l'ETH de Zurich (CH) dispose de quatre roues légères dont deux sont orientables et de deux hélices qui fournissent une poussée capable de maintenir le robot plaqué sur un mur vertical avec une adhérence suffisante. Pour ce faire chaque hélice dispose de deux degrés de liberté afin de faciliter la maîtrise de l'angle de de poussée. Ceci permet lorsque le robot roule au sol de passer de la progression horizontale à la progression verticale en combinant une traction vers le haut à l'avant et une propulsion vers le mur par l'hélice arrière. Pour la construction, les matériaux composites et l'impression 3D ont été exploités afin d'optimiser le rapport poids poussée très critique pour cette application. Le robot a été dimensionné pour pouvoir rouler au plafond. Dans un premier temps, les robots équipés de sources lumineuses pourraient être utilisés dans le cadre de spectacle mais des applications sont aussi envisageables pour l'inspection de bâtiments.



VertiGo de Disney Research-ETH Zurich [Vidéo](#)

Drone capable de voler, de se percher et d'escalader

SCAMP (Stanford Climbing and Aerial Maneuvering Platform) développé par le Stanford's Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab, (USA) combine le vol et l'accostage en environnement extérieur non structuré. Il s'appuie uniquement sur des capteurs, une intelligence embarquée et des méthodes d'adhésion passives. En pratique, le drone vole jusqu'à ce qu'un contact avec le mur à escalader fasse pivoter sa queue vers le haut, ses jambes rentrent alors en contact avec le mur, y adhèrent et elles sont alors actionnées d'avant en arrière pour commencer l'escalade. Ceci grâce aux servomoteurs embarqués et aux pieds munis de micro aiguilles. Si un défaut de marche survient, l'accélération verticale due à la chute est détectée et les rotors sont réactivés pour retrouver l'adhésion perdue. Le drone est destiné à l'inspection de zones sinistrées. Il a été identifié que les seules surfaces dégagées pour se poser sont les pans de murs verticaux et que l'autonomie des drones classiques limite leur emploi pour une surveillance continue.



SCAMP de Stanford University

[Vidéo](#)

OPERATIONS EN MILIEU HOSTILE

Robot industriel télé opéré pour la maintenance nucléaire

Areva TEMIS a développé avec le concours du CEA Tech le système robotisé TEQ 600 TAO destiné à la maintenance et au démantèlement dans les zones exposées aux radiations nucléaires. L'opérateur commande à distance un robot industriel de la famille Staubli RX et peut réaliser par ce moyen des opérations de manutention, de découpe et de soudage. Il manœuvre pour cela un bras de téléopération assistée par ordinateur (TAO) qui lui permet de contrôler les trajectoires du robot et le travail des outils. Pour qu'il puisse ajuster ses gestes avec suffisamment de finesse, des retours lui sont restitués par des écrans vidéo et une transmission, à travers le bras TAO des efforts, captés en tête de robot. Le TEQ 600 TAO peut, à une distance de 200 m, porter une charge de 60 kg avec une répétabilité de pose de 0,04 mm et une précision de 0,2 mm. Sa vitesse de déplacement peut atteindre 600 mm/s. Le robot de Staubli étant étanche par conception, il ne risque pas d'embarquer des radiations. L'électronique de certains capteurs embarqués au niveau des articulations a été durcie afin d'obtenir un dispositif capable de supporter jusqu'à 80 Gray par heure et une dose cumulée de l'ordre de 1MGy.



TEQ 600 TAO de Areva TEMIS

[Vidéo](#)

Logique de robot résilient

Les chercheurs franco-américains de l'université Pierre et Marie Curie à Paris et de l'université du Wyoming à Laramie aux Etats-Unis ont mis au point un algorithme d'apprentissage permettant à un robot d'adapter rapidement sa marche en fonction d'avaries de fonctionnement qu'il détecte. Les modes de marches possibles sont d'abord inventoriés et cartographiés par le robot selon une nouvelle technique permettant de créer une cartographie détaillée de zones de comportements performants. Lorsque le robot est endommagé, il utilise ces connaissances préalables pour réaliser une série d'apprentissage de type essais erreurs qui le conduisent rapidement à la meilleure compensation du défaut. Il faut remarquer que ceci ne demande pas de diagnostiquer le défaut initial. Cette approche a été aussi testée pour la manutention de composants avec un robot polyarticulé. Là aussi le robot a été capable de retrouver en peu de temps les performances suffisantes pour mener à bien sa mission. Des applications pourraient être envisagées lorsque la criticité de la mission demande que le résultat final soit garanti.



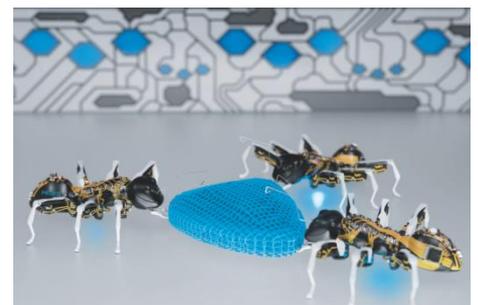
Carte comportement UMPC

[Vidéo](#)

DEMONSTRATEURS DE FAISABILITE INDUSTRIELLE

Comportements coopératifs bio inspirés

Festo, fournisseur de solutions d'automatismes industriels, mène depuis plusieurs années des projets d'innovation autour de la robotique bio inspirée. Le projet BionicsANTS s'inspire des fourmis pour concevoir des systèmes technologiques capables d'adopter des comportements coopératifs pour réaliser des tâches complexes. Les fourmis qui mesurent 135 mm de long pour 105 g, sont équipées dans leurs pattes de transducteurs piézoélectriques qui combinent le gain de place, l'économie d'énergie, la précision et le temps de réponse. Les batteries Li-Po de 8,4V apportent 40 mn d'autonomie et sont connectées à un convertisseur 300V. Chaque fourmi est autonome et communique avec ses congénères par ondes radio. Munie de caméra 3D stéréo pour la navigation et la détection, elle vient se recharger au moyen de ses deux antennes de manière autonome. Les fourmis s'auto-organisent pour réaliser des tâches et préfigurent une plateforme Festo permettant aux composants de la marque de communiquer et de s'adapter localement aux contraintes de production dans une perspective d'usine du futur.



BionicsANTS de Festo

[Vidéo](#)

Saut efficace en énergie

Avec BionicKangaroo, Festo s'est intéressé aux mouvements du kangourou lors de son saut pour travailler à l'optimisation des consommations d'énergie. Il s'agissait de récupérer l'énergie du saut précédent pour la réutiliser efficacement au saut suivant. Les phases de décollage, de vol et d'atterrissage ont été décomposées pour que le démonstrateur prenne à chaque fois la position optimale. Un tendon élastique pré tendu est libéré au décollage par des vérins pneumatiques, la queue et les jambes équilibrent le vol au moyen de moteurs électriques et l'énergie de la réception est récupérée dans le tendon élastique. Le système démontre la haute dynamique qui peut être obtenue en combinant des composants pneumatiques et électriques dans un faible encombrement. Le kangourou de Festo mesure un mètre de haut pour 7 kg et peut sauter jusqu'à 40 cm en hauteur pour 80 cm en longueur.

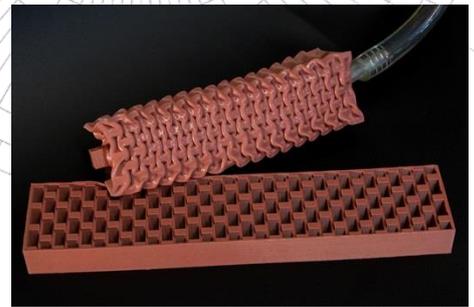


BionicKangaroo de Festo

[Vidéo](#)

Actionneur souple inspire du muscle

Une équipe du Harvard Wist Institute (USA) développe un actionneur qui dispose de caractéristiques proche des muscles naturels. Il s'agit de pouvoir développer des forces en garantissant une capacité d'amortissement de chocs et de réduire les risques de blessures dans les applications collaboratives. L'actionneur est constitué de chambres creuses dans un nid d'abeilles en élastomère. Le gonflement ou la mise sous vide des cavités raccourcit ou allonge le muscle et génère ainsi le mouvement. La structure du nid d'abeille peut être détaillée afin d'obtenir des mouvements linéaires avec des combinaisons de torsion et de flexion. L'actionneur présenté se rapproche du biceps humain en temps de réaction et en efficacité. Il a été vérifié qu'un endommagement avec un trou jusqu'à 2 mm ne remet pas en cause le fonctionnement du dispositif. L'exploitation du brevet [US20140208731](#) a été accordée à Soft Robotics qui développe et commercialise des préhenseurs souples depuis 2013.



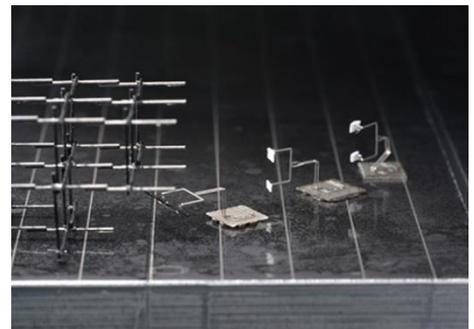
VAMPs du Harvard Wiss Institute

[Vidéo](#)

MICROBOTS ET ROBOT AUTO-ALIMENTE

Magnetically Actuated Micro-Robots for Advanced Manufacturing Applications

SRI International (USA) a évalué les possibilités offertes par des essais de micro robots coordonnés pour réaliser des tâches d'assemblage de micro composants et de petites structures. Les robots de l'ISR constitués à partir d'aimants à faible coût sont actionnés sur un circuit imprimé qui permet de diriger et contrôler leur déplacement. Il a été démontré que les déplacements peuvent être conduits à forte vitesse (0,55 m/s) et peuvent être maîtrisés y compris sur des circuits souples. Les robots sont équipés d'effecteurs qui leur permettent de réaliser des tâches spécialisées. Un robot de collage et un robot de transport et manipulation de bâtons de carbone ont collaboré pour réaliser une tour de 29 cm de haut capable de supporter 1 kg. Il a aussi été possible de déplacer jusqu'à 1024 robots de manière coordonnée. Les prochains développements sont orientés vers la réalisation de circuits avec des composants électroniques actifs. La technologie brevetée ([US8593016](#)) est disponible comme plateforme de recherche sous l'appellation Diamagnetic Micro Manipulation (DM3)



DM3 de SRI International

[Vidéo](#)

Robot alimenté par la collecte de polluants

Row-Bot, développé par l'Université de Bristol, le Bristol Centre BioEnergy et le Bristol Robotics Laboratory (UK), est un dispositif robotisé qui s'alimente uniquement par l'électricité générée par les bactéries qu'il embarque. Il est équipé de quatre stabilisateurs qui lui permettent de flotter et de deux palettes qui lui permettent d'avancer et de collecter les polluants présents dans l'eau. Ceux-ci sont digérés par les bactéries qui génèrent du dioxyde de carbone et de l'électricité comme sous-produits. Ces travaux démontrent pour la première fois la viabilité d'une pile à combustible microbienne à cellule unique. L'énergie produite par la cellule est supérieure à l'énergie consommée par le robot et même si la production électrique et l'actionnement ont été démontrés de manière distincte, ces travaux démontrent la faisabilité de robots autonomes sur le long terme au plan énergétique.



Row-Bot de l'Université de Bristol

[Vidéo](#)

DRONES ET FLOTTES DE DRONES

Drone faucon chasseur de drones

Le Hirolab de l'Université technologique du Michigan a testé le concept d'un drone faucon capable de capturer les drones voyous pénétrant dans un espace à protéger. Lorsque celui-ci est repéré, il est pris en chasse par le drone faucon de manière autonome ou sous le contrôle d'un pilote au sol. Dès qu'il a pu s'en approcher à moins de 12 m, il peut lui jeter un filet rattaché à un cordon. La taille de ce filet est telle que même les drones plus petits, plus rapides et plus manœuvrables que le faucon sont capturables. Le drone capturé se prend dans le filet, sans risque de choc pour une éventuelle charge explosive, et celui-ci vient se balancer sous le drone faucon qui peut l'amener dans un endroit sûr. Le dispositif fait l'objet d'une demande de brevet et les marchés visés sont ceux du gardiennage et de l'assistance aux forces de l'ordre.



Robot Faucon du Hirolab

[Vidéo](#)

Drone multimodal air- sol

Les chercheurs du laboratoire de GRASP de l'Université de Pennsylvanie (USA) ont conçu un micro robot appelé Pico Bug capable de voler, marcher et destiné à terme à être doté de capacités de manutention. Il combine en fait les caractéristiques d'un quadricoptère et d'un robot marcheur à 4 pattes. Picobug, construit autour d'une carte de commande de 30x30 mm pour 4,8 grammes, pèse au total 30 grammes. Il peut progresser jusqu'à 6 m/s en vol, et 0,16 m/s sur ses pattes. Le robot utilise 10,6 watts en vol stationnaire pour 0,6 watts en progressant au sol ce qui se traduit par une autonomie de 10 minutes en vol et 45 minutes en marche. La combinaison des modes de progression permet de franchir certains obstacles, soit en les survolant, soit en les traversant et ceci y compris dans des passages très étroits jusqu'alors inaccessibles aux drones. La pince permet de prendre des objets jusqu'à 6 mm pour un poids de 2 grammes. Cette dernière ne fait pas partie intégrante de la structure du robot, et peut donc facilement être remplacée et adaptée.



Pico Bug Université de Pennsylvanie

[Vidéo](#)

Drone multimodal air-mer

Des chercheurs de l'Imperial College de Londres ont récemment publié un article qui pose les bases d'un concept appelé AquaMAV : «Conception d'un propulseur à jet d'eau robotisé pour un micro robot aquatique et aérien». Un AquaMAV serait destiné à plonger tel un oiseau dans une zone aquatique où il pourrait recueillir des échantillons ou des images vidéo sous-marines. Il pourrait ensuite effectuer un décollage court, et revenir à sa base avec ses échantillons. Il s'agit d'apporter une réponse rapide à des scénarios d'urgence pour lequel les robots aquatiques ne sont pas adaptés en raison de leur vitesse de progression. Si le principe d'un propulseur à jet d'eau est nouveau en robotique, des animaux comme les encornets l'exploitent déjà de manière courante. Les chercheurs ont conçu un propulseur de 40 grammes, alimenté par du CO₂ liquide et capable de lancer un véhicule de 70 g à une vitesse de 11 m/s en un tiers de seconde. Pour la mise à feu, un alliage à mémoire de forme alimenté par super condensateur actionne la valve du réservoir de CO₂, et le gaz s'échappe par un cylindre en fibre de carbone ouvert à l'eau à l'autre extrémité. Les tests ont montré que ce système est suffisant pour permettre de lancer un drone à partir d'une position immergée.



AquaMAV de l'Imperial College

[Vidéo](#)

Note de veille rédigée par Jean-Yves BENAITEAU, Innovation Industrielle, jybenaiteau@free.fr

Malgré le soin apporté à la réalisation de cette note, certains liens hypertextes peuvent ne pas fonctionner correctement, notamment en raison de modifications des sites internet ciblés (ex : « page not found ») ou d'options de sécurité de certains viewer de PDF.

Contact : Laurent Couvé - sqr@cetim.fr - 03 44 67 36 82