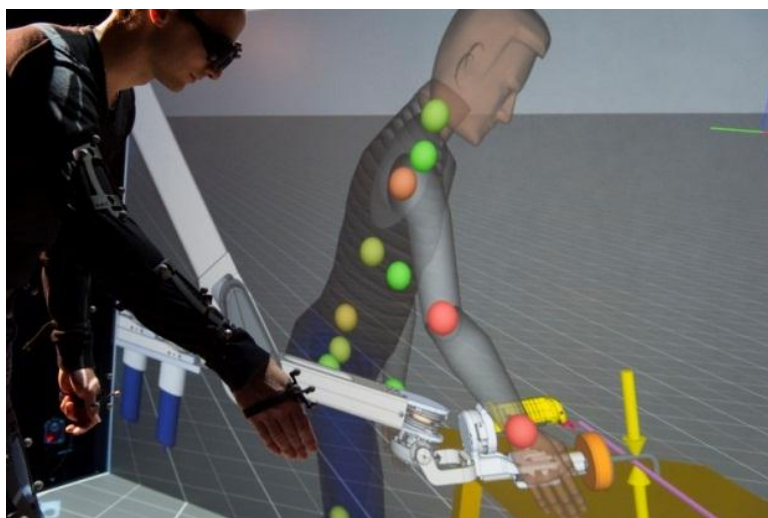


LES ROBOTS S'INTÈGRENT DANS L'USINE DU FUTUR

16 septembre 2015



© P. Stroppa/CEA

Contact Presse : CEA / Service Information-Media
Coline VERNEAU | T. +33 (0)1 64 50 20 97 | P. +33 (0)6 75 92 06 52
coline.verneau@cea.fr

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Direction de la Communication | Service Information-Média
91191 Gif-sur-Yvette Cedex | T. +33 (0)1 64 50 20 11 | F. +33 (0)1 64 50 28 92
Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

DOSSIER DE PRESSE

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| BATIR L'USINE DU FUTUR..... | 3 |
| En France, le programme « La Nouvelle France industrielle » œuvre pour l'usine de demain..... | 3 |
| <i>Présentation de « La Nouvelle France industrielle »</i> | <i>3</i> |
| Des technologies innovantes pour de nouveaux modèles de production dans l'industrie du futur | 4 |
| | |
| ROBOTIQUE ET COBOTIQUE : L'HOMME AU CŒUR DE L'USINE DU FUTUR..... | 6 |
| L'avènement de la robotique pour l'industrie | 6 |
| Avec la cobotique, les robots assistent l'Homme | 7 |
| <i>L'expertise du CEA</i> | <i>7</i> |
| <i>L'usine comme espace de travail partagé : l'exemple des robots de SYBOT. 8</i> | |
| | |
| INTÉGRER LE ROBOT DANS LE POSTE DE TRAVAIL..... | 10 |
| La réalité virtuelle : un outil de conception, de pilotage et de formation | 10 |
| <i>Conception de robots</i> | <i>10</i> |
| <i>Supervision.....</i> | <i>11</i> |
| Des logiciels pour concevoir « l'architecture système » du robot, assurer sa sûreté et optimiser la production | 11 |
| Le contrôle intégré a la chaine de production | 13 |
| <i>La maintenance : un travail d'algorithmes.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Vision et analyse d'image au service de la qualité</i> | <i>13</i> |
| <i>Le contrôle non destructif automatisé</i> | <i>13</i> |
| Des couplages pour faciliter l'interaction homme-machine | 15 |
| <i>Réalité augmentée.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Des données à la connaissance</i> | <i>15</i> |
| | |
| ANNEXES | 16 |

BATIR L'USINE DU FUTUR

Connectée, numérique, flexible, agile, intégratrice, responsable et performante, l'usine du futur est l'avenir de la compétitivité de l'entreprise, plaçant au cœur de son fonctionnement l'Homme avec, à sa disposition, des technologies de pointe dans de nombreux domaines et de nouveaux procédés, depuis la conception jusqu'à la production.

En France, le programme « La Nouvelle France industrielle » œuvre pour l'usine de demain

Présentation de « La Nouvelle France industrielle »

Le défi principal de l'usine de demain est de permettre à l'industrie d'avoir des entreprises performantes, flexibles, sûres, respectueuses de l'environnement, économes en énergie, capables de proposer aux marchés des produits innovants et différenciateurs, tout en assurant la place de l'homme au centre de son modèle.

Annoncée en septembre 2013 par le président de la République, François Hollande, le vaste programme « [La Nouvelle France industrielle](#) » fait référence aux priorités de la politique industrielle de la France lesquelles ont été définies dans 34 plans de reconquête industrielle¹. Ces plans ont pour objectif de jouer un rôle moteur dans la création d'activités et d'emplois en France grâce notamment aux engagements réciproques de l'Etat et des entreprises.

Capitalisant sur le travail accompli par les équipes des 34 plans industriels, le plan « Industrie du futur » évolue en avril 2015 autour de 9 solutions pour la réalisation de la phase 2 de la Nouvelle France Industrielle.

La nouvelle feuille de route sera mise en œuvre par « l'Alliance Industrie du Futur² » regroupant des organisations professionnelles, l'AFDEL, la FIM, la FIEEC, le Gimélec, le Symop, Syntec Numérique, l'UIMM, des acteurs académiques, Arts et Métiers Paristech, l'Institut Mines-Télécom, et les organismes de recherche CEA et CETIM.

« L'usine du futur devra être plus respectueuse de son environnement, grâce à des modes de production moins consommateurs de ressources et moins générateurs de rejets, plus intelligente, avec des modes de production toujours plus sophistiqués qui repensent l'interface homme-machine. Plus flexible, en utilisant des outils de production reconfigurables, l'usine pourra proposer une offre plus proche des besoins du marché [...]. Plus intégrée, connectée au cœur des territoires et proche des acteurs de son écosystème [...], l'usine de demain contribuera à dynamiser un réseau et une économie locale. »³

¹ http://31.media.tumblr.com/e5be12cb106f78e8437f740d15a58be8/tumblr_mt0vh8HFMc1s3s7v2o1_1280.jpg

² L'Alliance « Industrie du Futur », présidée par Philippe Darmayan, Président d'Arcelor-Mittal France, est co-présidée par Pascal Daloz, Directeur général adjoint de Dassault Systèmes, et Frédéric Sanchez, Président du Directoire de Fives.

³ Fives et l'usine du futur (<http://www.fivesgroup.com/fr/fr/au-coeur-de-fives/innovation/fives-et-lusine-du-futur.html>).

Outre l'accompagnement des entreprises vers l'Industrie du Futur et la préparation de l'Homme à l'Industrie du Futur, en termes de co-évolution, prospective et formation, les six actions prioritaires de l'Alliance comprennent le développement de l'offre technologique du futur. Cette offre, structurée autour de 8 thématiques clés, englobe l'ensemble des technologies de la production à la conception, la logistique et les outils numériques associés.

Le CEA, moteur dans la construction de la feuille de route du plan industriel « Usine du Futur », coordonne le groupe de travail de l'Alliance sur l'offre technologique du futur.

L'événement SMART INDUSTRIES

Du 15 au 17 septembre 2015, se tiendra, Porte de Versailles, à Paris, l'événement SMART INDUSTRIES dont l'objectif est de réunir, sur 4000 m², les principaux acteurs du secteur qui bâtiront demain l'usine 4.0.

L'Alliance pour l'Industrie du futur participe à cet événement international. Grands groupes, ETI et PME, seront également présents pour comprendre, échanger et transmettre leurs expériences à travers une exposition, des conférences, des travaux pratiques et ateliers.

L'institut CEA List, partenaire de l'événement, exposera sur le stand C-27 plusieurs démonstrations innovantes et proposera sur son espace dédié CEA Tech des mini-conférences autour du thème de l'usine du futur.

Pour en savoir plus : <http://smart-industries.fr/fr/>

Des technologies innovantes pour de nouveaux modèles de production dans l'industrie du futur

La compétitivité industrielle réside aujourd'hui dans la capacité des entreprises à augmenter la flexibilité, l'agilité et la performance de leurs systèmes de production. Cette évolution met en jeu de nombreuses activités technologiques, utilisant l'information, l'automatisation, le calcul, les logiciels, les capteurs et la mise en réseau, en intégrant aussi les matériaux et procédés de mise en forme. Ce périmètre technologique assez large est connu depuis quelques années sous le nom de « manufacturing avancé » (ou *advanced manufacturing*). Cette nouvelle révolution industrielle est aujourd'hui numérique, avec des outils tels que la simulation, la modélisation, ou la virtualisation.

Qu'est-ce que le « manufacturing avancé » ?

Ensemble de technologies innovantes permettant d'améliorer la fabrication des produits sur tout leur cycle de vie, depuis leur conception, leur production, en passant par leur distribution, jusqu'à leur fin de vie et leur recyclage.

Les systèmes industriels doivent permettre la fabrication de produits innovants et personnalisés, répondant aux besoins des utilisateurs et aux contraintes de réglementation, concurrence mondiale, etc. Il devient important d'optimiser la chaîne « élargie » de la conception à la production dans des délais maîtrisés tout en continuant d'intégrer des innovations.

Les avancées technologiques et numériques ont favorisé l'émergence de nouveaux comportements chez les consommateurs. Ceux-ci recherchent de plus en plus des solutions personnalisées qui répondent à leurs besoins précis. Ils participent à la création des produits qu'ils consomment. Les entreprises répondent à cette demande en élargissant leurs gammes de produits en fonction des préférences des consommateurs, ou en privilégiant les techniques de « personnalisation de masse » pour offrir des solutions sur mesure à des prix et dans des délais comparables à ceux des produits fabriqués en série.

L'adaptation des systèmes de production à ce contexte entraîne la mise en relation de tous les acteurs de la chaîne de valeur. Elle prend ainsi en compte l'expérience et la connaissance, les capacités actuelles et futures des moyens de production, les potentialités des nouveaux matériaux et procédés, nouvelles technologies, nouveaux écosystèmes, etc. La transformation industrielle se traduit par :

- *un déploiement majeur des technologies numériques issues de différents domaines, depuis l'Internet jusqu'aux systèmes embarqués en passant par les jeux ou « serious game » ;*
- *l'évolution des modèles d'organisation du travail et le rapprochement des métiers et des acteurs ;*
- *une capacité d'adaptation des machines au besoin de production et une plus grande intégration au système de production, en intégrant l'Homme à ces systèmes;*
- *une vision du cycle de production plus large incluant le recyclage et la gestion des ressources ;*
- *une assistance aux actions et interventions de l'Homme dans le système, que ce soit dans les phases de conception du produit (avec la virtualisation et l'immersion) mais aussi dans la production avec un suivi et un guidage des actions orchestrées au plus juste et l'intégration de la connaissance et du retour d'expérience dans le système de production ;*
- *une évolution des technologies de la robotique.*

La robotique, traditionnellement utilisée pour optimiser les lignes de production standardisées, évolue pour répondre à ces nouveaux enjeux en proposant des robots collaboratifs, plus flexibles et agiles.

ROBOTIQUE ET COBOTIQUE : L'HOMME AU CŒUR DE L'USINE DU FUTUR

L'avènement de la robotique pour l'industrie

La robotique a permis à l'industrie d'améliorer simultanément la qualité et la productivité, par l'automatisation des tâches les mieux maîtrisées et les plus facilement modélisables. L'ère de la robotique industrielle a débuté dans les années 1960 avec l'équipement des premières lignes de production dans le domaine automobile et s'est poursuivie dans tous les domaines industriels exploitant des chaînes d'assemblage. La diffusion de la technologie robotique de cette époque s'appuyait sur le remplacement des humains pour les activités répondant à la règle des 3D (Dull= ennuyeux, Dirty= salissant, Dumb= stupide).

Aujourd'hui la compétition industrielle internationale est exacerbée, la concurrence des pays proposant une main d'œuvre à faible coût impose de trouver de nouveaux leviers de compétitivité. De plus, le besoin de robotisation atteint aussi les entreprises de plus petites tailles mais avec des contraintes bien différentes. Dans ce contexte, la machine n'a plus vocation à remplacer l'homme mais à l'assister ou à prolonger ses gestes pour apporter précision, force et dextérité. Les deux critères du nouveau modèle de robotique industrielle sont : **interactivité et flexibilité**.

Le marché

Le marché global de la robotique industrielle est estimé à 26 milliards de dollars avec une croissance globale annuelle de 12%. L'industrie automobile est de loin le plus gros client en robots industriels dans le monde. La robotique industrielle a encore d'énormes gisements de marché dans les autres secteurs, tels que l'aéronautique, et au sein des pays émergents. Entre 2008 et 2013, les ventes de robots industriels en Chine ont augmenté de 36% par an.

Par ailleurs, la robotique de service pèse 4.6 milliards d'euros avec des croissances très variables en fonction des applications, pouvant atteindre 35% pour les systèmes logistiques (9% du marché) ou stables comme dans le cas des robots médicaux (40% du marché).

En mars 2013, le gouvernement présentait son nouveau plan « France Robot Initiatives » qui rassemble 100 millions d'euros de fonds publics et privés destinés à la robotique.

Source IFR 2014

Avec la cobotique, les robots assistent l'Homme

Les systèmes robotiques agissent dans les usines actuelles de manière plus ou moins collaborative avec les hommes. L'interaction « homme-robot-environnement » requiert une grande maîtrise pour permettre un partage de l'espace de travail en toute sécurité.

Les recherches en robotique interactive menées au CEA List sont dédiées à l'assistance au geste manuel de l'opérateur. Les robots collaboratifs, appelés « cobots », ont ainsi vocation à concilier flexibilité humaine et performance robotique. Ils contribuent à diminuer les efforts exercés par les opérateurs et peuvent s'adapter automatiquement aux diverses configurations industrielles.

En diminuant la pénibilité du travail, les cobots permettent de réduire l'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS), tout en améliorant l'efficacité et la qualité des opérations. Ces robots, flexibles et agiles, constituent ainsi, pour les entreprises, les outils nécessaires à l'évolution des modes de production, notamment vers de plus petites séries.

L'expertise du CEA

Acquise au cours du développement des bras de télémanipulation à retour d'effort pour l'industrie nucléaire, l'expérience du CEA a trouvé une nouvelle application dans la cobotique. Les chercheurs de l'Institut CEA List ont notamment focalisé leurs innovations sur deux points de l'interaction entre l'Homme et le robot : la compensation de poids et l'augmentation d'effort appliqué. La compensation de poids strict consiste à équilibrer parfaitement la charge transportée à l'aide du robot. Dans l'augmentation d'effort, celui exercé par l'opérateur est mesuré et, grâce à une commande adaptée, est démultiplié par le robot. Ces deux fonctions sont maintenant intégrées à des produits, développés en partenariat avec le CEA List, que proposent deux PME fournisseurs de robots collaboratifs.

La première PME, **Sarrazin Technologies**, propose le « Cobomanip » qui assiste l'opérateur dans la manipulation de charges allant jusqu'à 100 kilos dans un rayon de 3,5 mètres. Ce cobot a été conçu à partir d'un manipulateur qui équilibre la charge transportée dans toutes les positions de l'espace pour recréer des conditions similaires au travail en apesanteur. Pour aider à la manipulation précise de ces charges importantes, il génère une force qui agit dans la main de l'opérateur, quel que soit le point de contact sur la machine. Un guide virtuel de la tête du cobot permet d'augmenter la productivité, de limiter les efforts de l'opérateur et de contrôler en temps réel les collisions éventuelles entre la machine et son environnement, pour davantage de sécurité de travail.



© P. Stroppa/CEA/Sarrazin Technologies

© P. Stroppa/CEA



La seconde PME, **RB3D**, propose des systèmes d'amplification de l'effort pour, par exemple, le brossage des pneus de camion ou le parachèvement en fonderie (meulage ou burinage). Dans cette fonction, le facteur d'amplification réduit proportionnellement l'effort nécessaire au déplacement du système. Ainsi, avec un facteur d'amplification de 10, un effort d'1 kg de la part de l'opérateur sera reproduit à 10 kg par la machine. L'emploi d'outils plus lourds, l'ajout de fonctions supplémentaires devient possible, libérant un potentiel de productivité plus important que dans le cas d'une simple évolution du geste vers un geste assisté.

Lorsqu'une capacité de mobilité est requise, il est possible de placer les cobots sur des bases mobiles : il est alors directement porté par l'opérateur. Dans ce cas, le système prend la forme d'un exosquelette qui suit les mouvements de la personne et l'assiste dans ses activités, où qu'il se trouve. L'exemple le plus connu de cette application est l'exosquelette *Hercule*, également développé en partenariat avec la société RB3D. Il est constitué de jambes mécatroniques, d'une structure ventrale ou dorsale et de bras, l'ensemble permettant à un homme de porter une charge sans effort. Grâce à ses actionneurs à haute réversibilité, *Hercule* détecte lui-même les mouvements de l'utilisateur et ne fait que les accompagner, en supportant son propre poids et celui de la charge, qui peut atteindre 40 kilos.



© RB3D

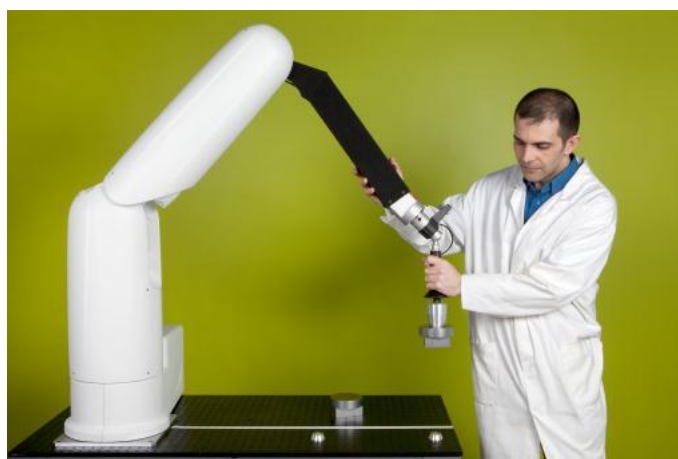
L'usine comme espace de travail partagé : l'exemple des robots de SYBOT

Les robots, même lorsqu'ils agissent seuls, peuvent partager le même espace de travail que les humains.

Les travaux du CEA List visent à rendre, par conception, les robots intrinsèquement plus sûrs et plus intuitifs. Une startup est actuellement en cours de création pour industrialiser cette technologie inédite et la diffuser aussi bien dans les grands groupes que dans les PME. Nom de code : SYBOT (pour « Symbiose homme roBOT »).

En utilisant des actionneurs s'appuyant sur une technologie basée sur des vis à bille et des câbles, le cobot de SYBOT contrôle l'effort qu'il produit par la seule mesure du courant alimentant ses moteurs. Ces « cobots » sont ainsi plus robustes, plus performants et plus économiques que leurs concurrents. Leur intégration est plus simple car ils peuvent se passer de barrières physiques, laissant davantage d'espace

libre dans l'atelier. La présence de l'opérateur n'induit plus d'interruption dans le cycle de travail du robot. Au-delà de cet avantage immédiat, l'opérateur et le robot peuvent partager la tâche en réduisant les étapes à faible valeur ajoutée. Le cobot ne nécessite pas de programmation, car il bénéficie d'un apprentissage interactif (par le geste) avec l'opérateur. Son usage est très intuitif, tout en permettant une gestion interactive, et donc très efficace, des aléas. Sur des postes déjà robotisés, l'intégration d'un cobot ajoute une flexibilité supplémentaire pour fabriquer des petites séries rapidement et personnaliser des produits.



© Francis Rhodes/CEA

Le robot de SYBOT dévoilé à Innorobo 2015

Lancé en 2010, le salon Innorobo est devenu en cinq ans un rendez-vous incontesté de la robotique en Europe avec, cette année, 130 exposants européens mais aussi coréens, japonais et américains, 15 000 visiteurs et près de 300 robots exposés.

C'est à l'occasion de l'édition 2015 de ce salon que les équipes du CEA List ont dévoilé le prototype de robot collaboratif de la startup SYBOT (pour « Symbiose homme roBOT »). Ce cobot, issu de l'expertise de l'Institut en robotique industrielle, sera bientôt développé par la start-up. Celle-ci aura vocation à concevoir et commercialiser des robots industriels légers et sûrs, destinés à améliorer la productivité en conservant la flexibilité et le savoir-faire des opérateurs qui les utilisent.

INTÉGRER LE ROBOT DANS LE POSTE DE TRAVAIL

Les chaînes de production intègrent de plus en plus de robots, nouveaux assistants de l'Homme. Les technologies numériques favorisent l'évolution de l'environnement professionnel, en permettant de concevoir et d'utiliser les robots au cœur-même du poste de travail.

Contrôle-commande, supervision, logiciels, réalité virtuelle et augmentée... sont autant d'éléments indispensables à la conception d'un robot, son utilisation au cœur de l'usine du futur, et à sa maintenance. Les chercheurs du CEA List disposent de nombreuses compétences dans ces domaines d'applications pour favoriser l'intégration de robots intelligents dans l'usine de demain.

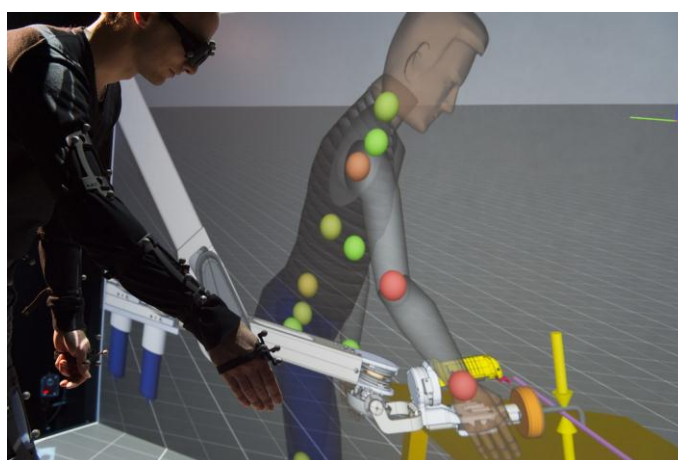
La réalité virtuelle : un outil de conception, de pilotage et de formation

Conception de robots

Evaluer la pénibilité d'une tâche sur un poste de travail, concevoir des robots dédiés à l'assistance d'un opérateur humain, évaluer les gains apportés par ces robots en termes d'aide et de confort, organiser la chaîne de production, simuler le réel pour assurer la sécurité d'une activité : toutes ces tâches font désormais appel aux outils de réalité virtuelle.

Certains outils développés par le CEA List permettent de simuler sur ordinateur toutes les étapes d'un processus industriel impliquant un opérateur humain, assisté ou non d'un cobot. Les informations fournies constituent une aide précieuse à la conception de tels dispositifs robotiques.

Plus concrètement, la réalité virtuelle permet de déterminer si un geste humain est possible, compte-tenu des contraintes de l'environnement où il sera réalisé et d'une éventuelle assistance cobotique. La réalité virtuelle permet de réaliser une première évaluation ergonomique de la tâche et contribue ainsi à estimer les risques d'apparition chez l'opérateur humain de troubles musculo-squelettiques (TMS). Une fois ces étapes de simulations réalisées, il est possible de proposer un modèle de cobot parfaitement adapté à la tâche visée.



© P. Stroppa/CEA

Supervision

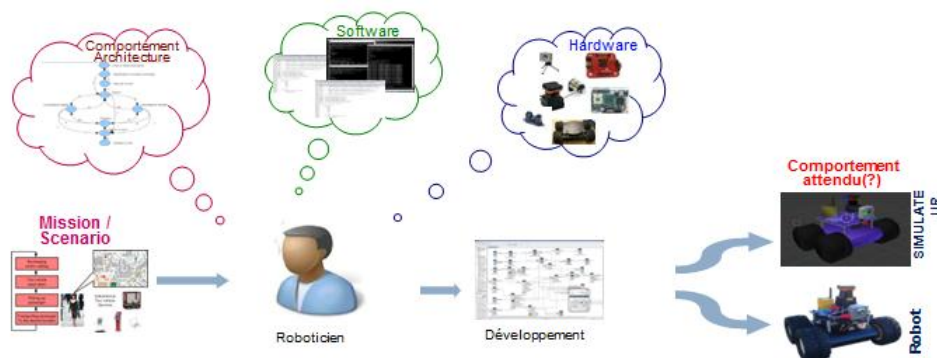
La réalité virtuelle permet dans certains cas d'enrichir l'offre d'assistance qu'un cobot peut proposer. Dans ce cas, la simulation d'une tâche s'effectue en parallèle de sa mise en œuvre réelle par l'opérateur humain et permet de guider ce dernier dans ses gestes, garantissant ainsi performance et sécurité lors de la réalisation de la tâche. Une telle utilisation de la réalité virtuelle a récemment été implémentée sur le bras robotisé développé par le CEA et Sarrazin Technologies.

Des logiciels pour concevoir « l'architecture système » du robot, assurer sa sûreté et optimiser la production

Cette nouvelle classe de robots intelligents met en jeu de véritables systèmes complexes qui doivent fournir intelligence, efficacité et performance à leur utilisateur : l'Homme. Les capacités avancées de ces robots et cobots ont été rendues possibles, au fil des ans, par les avancées d'autres domaines associés aux technologies numériques, comme les logiciels embarqués, de plus en plus sophistiqués.

L'augmentation des capacités en mémoire et de la puissance des processeurs permettent aujourd'hui des évolutions importantes dans le domaine de la programmation et des OS embarqués : une plus grande facilité de programmation, et la modularité des fonctions disponibles, bénéficiant de la souplesse et de la réactivité de l'environnement des logiciels libres. Ces évolutions ont peu à peu gagné le milieu de la robotique en donnant des outils plus performants pour concevoir, simuler et exécuter des tâches robotiques.

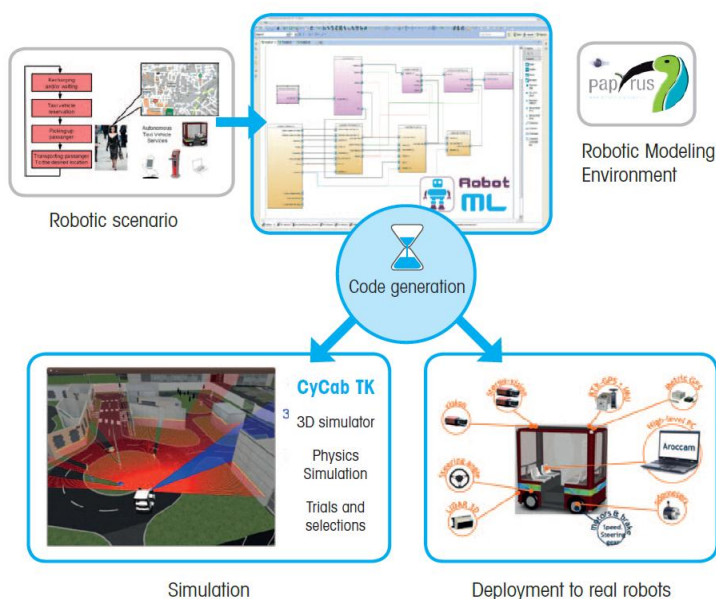
Développer une application robotique : une vraie complexité



Les équipes du CEA List ont ainsi mis au point, dans le cadre du projet ANR Proteus⁴, une nouvelle approche pour la conception de logiciels performants, dédiés à l'activité robotique. Un environnement de conception logicielle a été élaboré qui repose sur un langage visuel de modélisation baptisé « RobotML » (Robotic Modeling Language). Ce langage dédié à la robotique et indépendant de tout langage de programmation, facilite la conception des logiciels et systèmes robotiques, leur simulation, ainsi que leur déploiement vers plusieurs plateformes d'exécution, en offrant une couche d'abstraction qui masque la complexité sous-jacente aux environnements matériels et physiques de l'usine d'aujourd'hui.

⁴ <http://www.anr-proteus.fr/>

Environnement de conception de logiciels



Ce travail se poursuit dans le contexte du projet Carnot ManuFlex. L'environnement de conception initialement développé pour faciliter la conception d'un logiciel « au cœur d'un robot » a été élargi au « robot et son contexte » selon deux axes spécifiques : la robotique collaborative et le robot comme élément d'un « système de production ».

L'extension au « système de production » vise à offrir un environnement de conception qui permet la modélisation globale et multi-discipline d'un système de production aux niveaux « équipement », « atelier », « usine » et « pilotage de la production ». Cette innovation ouvre ainsi la possibilité d'appliquer des techniques d'optimisation pour les processus industriels. Ces modèles numériques multi-disciplines permettront d'optimiser les moyens de production, non seulement en termes de flexibilité de la production (prise en compte de la variation des cadences de production), versatilité (prise en compte de la variété de produits) mais également en prenant en compte les aspects d'efficacité énergétique et l'impact sur l'environnement.

Le CEA List possède une compétence forte dans le développement d'algorithmes d'aide à la décision, reposant sur l'exploitation des données et la modélisation des connaissances des utilisateurs. L'utilisation des données enregistrées lors de la fabrication (par exemple les données de température, pression, etc. mais aussi des données complémentaires potentiellement disponibles comme celles issues de capteurs de présence) permet de proposer un pilotage adapté à l'environnement de travail (sécurisation des interactions avec les ouvriers) et à la production (possibilité de s'adapter plus facilement à des fabrications en petites séries).

Le contrôle intégré à la chaîne de production

La maintenance : un travail d'algorithmes

Le CEA List a également développé des algorithmes permettant de repérer automatiquement des fonctionnements anormaux (connus ou non) ou des indicateurs caractéristiques de l'état de santé du processus de fabrication et des produits. Ils permettent ainsi de planifier au mieux des opérations de maintenance, et de minimiser le temps d'indisponibilité de la chaîne de production.

Vision et analyse d'image au service de la qualité

Comment optimiser l'interaction d'un opérateur et d'un cobot ? Ou bien détecter un dysfonctionnement sur une chaîne de travail et ralentir sa cadence afin de laisser le temps à l'opérateur d'intervenir ? Pour ce faire, le CEA List développe des technologies d'analyse d'images capables d'identifier en temps réel l'avancement et la bonne réalisation d'une tâche de travail. Selon la nature du poste de travail, on peut combiner le monitoring de l'activité de l'opérateur (en analysant sa tâche, ses gestes) et le contrôle de la réalisation. L'automate de contrôle peut alors indiquer un fonctionnement anormal et solliciter l'opérateur pour corriger l'erreur en temps réel. Cette innovation suscite en particulier l'intérêt des constructeurs aéronautiques et automobiles. De quoi mettre le contrôle qualité à simple portée d'une caméra.

Le contrôle non destructif automatisé

Le CND est indispensable pour assurer la qualité et la sécurité des produits. Il est d'une importance majeure dans des secteurs industriels tels que le transport (aéronautique civil et militaire), l'énergie (nucléaire, équipements sous pression), la pétrochimie (pipelines, off-shore).

Les contrôles non destructifs sont déjà utilisés dans de nombreux domaines et peuvent intervenir à tous les stades de la vie d'un composant ; lors de la conception, aux différentes étapes de la fabrication, dans les phases de maintenance ou lors du recyclage.

Les chercheurs du CEA List développent de nouvelles technologies en contrôle non destructifs basées sur la simulation, l'imagerie et l'instrumentation (capteurs, électronique de pilotage).

Directement accessible aux industriels partenaires, la plateforme GERIM2 est destinée au développement de nouvelles méthodes pour le contrôle non destructif. Les recherches qui y sont menées permettront à la fois de valider de nouveaux modules de simulation des contrôles réalisés, de développer des algorithmes de reconstruction inédits, et de créer des partenariats en matière de modélisation

Qu'est-ce que le contrôle non destructif ?

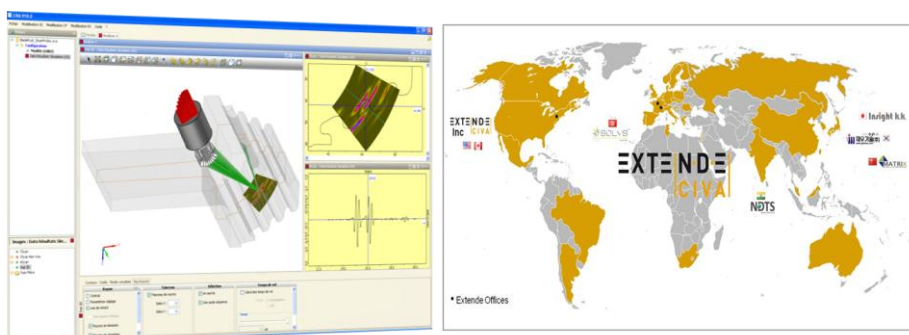
Le contrôle non destructif (CND) désigne l'ensemble des techniques d'inspection utilisées pour vérifier l'intégrité d'une pièce (vérification de l'absence de défauts et/ou des propriétés de la structure) sans affecter ses propriétés, et poursuivre l'évolution ou l'apparition de défauts lors de son utilisation.

Le CND est basé sur différentes techniques telles que les ultrasons, les méthodes magnétiques et la tomographie X.

hybride⁵, statistiques et traitement de données. Lancée par le CEA et Digiteo, cette plateforme constitue l'avenir du CND en Ile-de-France.

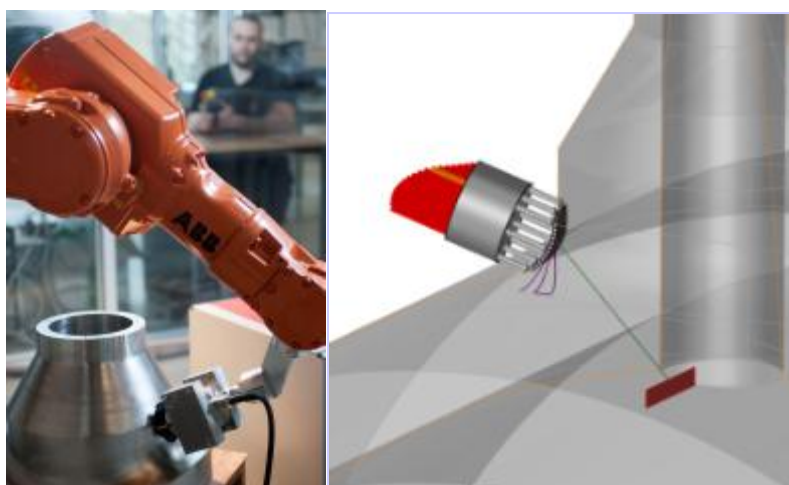
Dans le domaine de la simulation, le CEA List développe le logiciel CIVA qui permet de réaliser des opérations virtuelles de Contrôle Non-Destructif (CND) par différentes techniques (ultrasons, ondes guidées, méthodes électromagnétiques, radiographie et tomographie X). Ces outils de simulation jouent un rôle majeur dans le développement de nouveaux procédés de CND. Ils permettent d'anticiper les opérations de contrôle dès les phases de conception, d'évaluer et de valider les performances des procédés mis en œuvre et d'apporter une aide précieuse aux opérateurs dans les phases d'expertise et de diagnostic. La simulation contribue de cette façon à améliorer la maîtrise et la fiabilité des contrôles.

CIVA, logiciel de référence mondiale dans le domaine de la simulation des CND, distribué par la société EXTENDE



La simulation des CND joue également un rôle primordial dans la robotisation des CND. Elle intervient dans la programmation des robots pour garantir la couverture de la zone à contrôler ainsi que dans les phases d'analyse et de traitement des données. Ce couplage entre robotisation et CND est un axe fort de la plateforme GERIM.

CND robotisé dans la plateforme GERIM



⁵ Couplage optimal de méthodes semi-analytiques et numériques permettant de simuler des configurations complexes avec un temps de calcul réduit.

Des couplages pour faciliter l'interaction homme-machine

Réalité augmentée

La réalité augmentée, développée pour des applications industrielles depuis plusieurs années, était encore récemment pénalisée par la qualité parfois insuffisante des images et des interfaces. L'augmentation de puissance des processeurs a favorisé l'essor de cette technologie qui trouve maintenant sa place dans l'usine du futur.

Dans le cadre du déploiement des robots et cobots au cœur de l'usine de demain, il est primordial de garantir l'intégrité physique de l'opérateur humain travaillant avec ou à proximité d'un robot. Les chercheurs du CEA List ont ainsi développé un concept de *tracking* vidéo inédit. Des caméras, capables de « regarder » la tâche à réaliser en temps réel, repèrent sur l'équipement « à augmenter » les points importants ou critiques pour l'opérateur : arêtes, coins, cercles... Ces informations sont associées à celles contenues dans le modèle CAO (modèle virtuel issu de la conception de l'équipement) du robot. Grâce à des algorithmes sophistiqués, ce nouveau système permet en temps réel de calculer la position exacte de la caméra, donc l'angle sous lequel est regardée la scène. Il est alors possible d'y superposer des informations capitales pour une réalisation de la tâche par l'équipement ou le robot avec une extrême précision.

Des données à la connaissance

A plus long terme, les chercheurs du CEA List pourront renvoyer vers le poste de travail n'importe quelle information issue des bases de données de l'entreprise. En associant de puissants outils d'analyse d'images et des algorithmes d'apprentissage semblables à des réseaux de neurones, il sera possible de repérer un défaut sur une pièce à partir de l'historique de ceux constatés sur toutes les autres pièces semblables produites dans toutes les usines du groupe. Cette analyse statistique très large échelle, permettra de corréler des informations ou des événements difficiles à rapprocher a priori. A terme, cette "fouille" pourrait être étendue à l'ensemble de la documentation iconographique et textuelle de l'industriel.

ANNEXES

Le CEA, de la recherche à l'industrie

Le CEA de Saclay : un centre de recherche pluridisciplinaire au cœur du Plateau de Saclay

Le CEA, de la recherche à l'industrie

Organisme public de recherche, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) intervient dans quatre grands domaines : les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, les Très Grandes Infrastructures de Recherche (TGIR), la défense et la sécurité globale.

S'appuyant sur une recherche fondamentale d'excellence et sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. Fort de ses 16 000 chercheurs et collaborateurs, il est un acteur majeur de l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante à l'international.

Plus d'informations sur www.cea.fr

LE CEA EN QUELQUES CHIFFRES (fin 2014) :

- 10 centres de recherche
- 16 110 techniciens, ingénieurs, chercheurs et collaborateurs.
- 51 unités de recherche sous co-tutelle du CEA et de partenaires académiques
- 53 accords cadres en vigueur avec les universités et écoles
- 751 dépôts de brevets prioritaires en 2014
- 27 Equipex (équipements d'excellence)
- 33 Labex (laboratoires d'excellence)
- 3 Idex (initiative d'excellence)
- 178 start-up technologiques depuis 1972 dans le secteur des technologies innovantes
- Plus de 500 partenaires industriels
- 4,4 milliards d'euros de budget
- Plus de 760 projets européens obtenus avec la participation du CEA dans le cadre du 7ème PCRD depuis 2007
- 27 pôles de compétitivité auxquels participe le CEA dont 18 où le CEA est administrateur

A propos du CEA-List

Au sein de la direction de la recherche technologique, CEA Tech, l'institut CEA-List focalise ses recherches sur les systèmes numériques intelligents. Porteurs d'enjeux économiques et sociétaux majeurs, ses programmes de R&D sont centrés sur le manufacturing avancé, les systèmes embarqués, l'intelligence ambiante et la maîtrise des rayonnements ionisants pour la santé. En développant des technologies de pointe, le CEA-List contribue à la compétitivité industrielle de ses partenaires par l'innovation et le transfert technologique. La qualité de sa recherche partenariale a valu au CEA-List d'être labellisé Institut Carnot dès 2006 (www-list.cea.fr).

Le centre CEA de Saclay : un centre de recherche pluridisciplinaire au cœur du plateau de Saclay

Implanté au sud de Paris, le centre CEA de Saclay est l'un des dix centres du CEA. Il constitue un site de recherches et d'innovation de tout premier plan à l'échelle nationale et européenne. Pluridisciplinaire, fort de ses 6 000 chercheurs, il couvre une part importante des activités civiles du CEA : énergies bas carbone, climat et environnement, sciences de la matière, santé, recherche technologique. Il joue également un rôle prépondérant dans la conception et la réalisation des Très Grandes Infrastructures de Recherche (TGIR).

Le centre accueille la direction générale du CEA et la direction de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), établissement d'enseignement supérieur et organisme de formation professionnelle dans le domaine du nucléaire.

Situé au cœur d'un territoire unique en France par sa concentration en chercheurs, le CEA Saclay est l'un des membres fondateurs de l'Université Paris-Saclay. Celle-ci fédèrera 19 partenaires, universités, grandes écoles et centres de recherche, qui entendent mutualiser leur offre de formation et leur recherche afin de créer un pôle de recherche, d'enseignement et d'innovation d'envergure mondiale. Le CEA Saclay, qui noue de nombreux partenariats nationaux et internationaux avec le monde académique et avec les industriels, est un maillon important de cet écosystème.



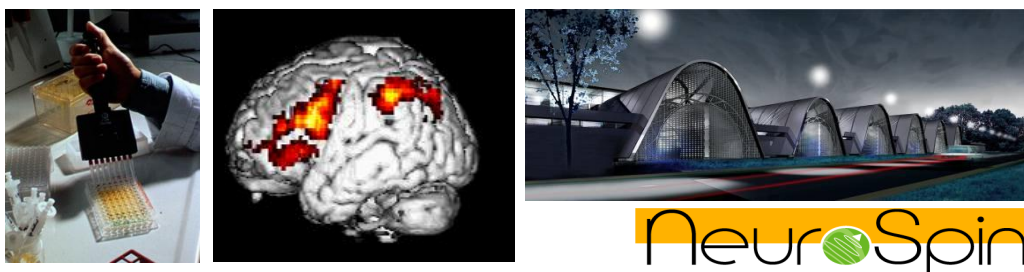
La recherche en sciences de la matière, de l'infiniment grand à l'infiniment petit : astrophysique, compréhension du noyau atomique, particules élémentaires et interactions fondamentales. S'y ajoutent des recherches sur les états de la matière, réalisées grâce à des moyens sophistiqués : réacteur Orphée, lasers, résonance magnétique nucléaire..., ainsi que sur le fonctionnement du système climatique et la modélisation des impacts de l'effet de serre sur l'environnement.



La recherche appliquée dans le domaine du nucléaire a pour objectif d'optimiser le fonctionnement et la sûreté du parc nucléaire français et de développer de futurs réacteurs. Les recherches menées au CEA Saclay portent en particulier sur la modélisation des phénomènes physiques, la chimie, les matériaux et le développement de la simulation et des outils logiciels associés. Des moyens spécifiques sont consacrés à ces recherches : le réacteur Osiris, le Laboratoire d'étude des combustibles usés (Leci), la plate-forme d'irradiation Jannus, l'installation d'essais sismiques Tamaris... Ces travaux sont complétés par des recherches sur la gestion des déchets radioactifs.



La recherche dans le domaine de la santé concerne l'effet des rayonnements sur les cellules et les molécules, l'ingénierie des protéines, les recherches en imagerie médicale et les dosages radioimmunologiques. C'est sur le centre qu'est implantée la plate-forme de neuro-imagerie NeuroSpin.



La recherche technologique sur les Systèmes Numériques : elle porte sur trois thématiques à forts enjeux économiques et sociétaux : systèmes embarqués, systèmes interactifs, capteurs & traitement du signal. Vouée au transfert technologique, l'essentiel de l'activité de R&D est menée dans le cadre de partenariats avec les acteurs industriels des transports, de l'énergie, du manufacturing, de la sécurité et de la santé.

Plus d'informations sur www-list.cea.fr



Le centre est certifié ISO 14001 pour ses principales installations et ISO 9001-2000 pour l'ensemble de ses activités nucléaires et technologiques.

Plus d'informations sur www-centre-saclay.cea.fr