

# NEW CMIST



Encadrement du  
chrome VI par la  
réglementation

**REACH**

Florian Bienvenut

L'intelligence  
artificielle au  
service de la  
**Défense**

Mélodie Michaux

Mode de vie  
moderne, qu'en dit  
notre santé ?

Mathilde Menanteau

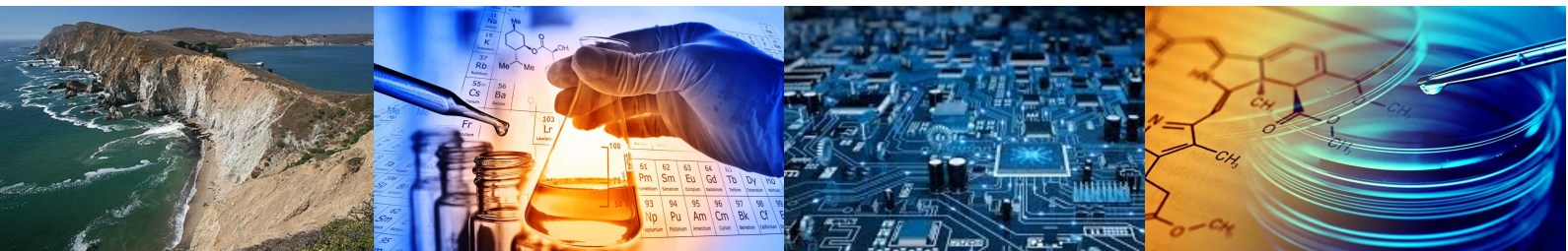
La conquête des  
technologies  
spatiales

Christian Marquay

CMI ANNÉE 2017-2018  
UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE



**Réseau Figure**  
CURSUS MASTER EN INGÉNIERIE



## Sommaire

L'encadrement du chrome VI par la réglementation REACH	page 2
Le chrome, un oligo-élément, mais pas sans risques	
Le remplacement des chromates pour l'inhibition de la corrosion	
Interview avec Juan Creus : L'impact de la réglementation REACH sur la recherche	

Mode de vie moderne... qu'en dit notre santé ?	page 6
Les écrans chez les enfants, vers une nouvelle addiction ?	
Les perturbateurs endocriniens : impacts et alternatives	
Interview avec Fabienne Salomon : Le burn out dans la société	

La conquête des technologies spatiales	page 10
Les communications par satellites	
Quel avenir pour la conquête spatial ?	
Interview avec Gérard Ordonneau : L'ONERA est un gage de souveraineté	

L'évolution de l'intelligence artificielle au service de la Défense	page 14
L'intelligence artificielle, une technologie prometteuse	
Conférence-débat sur le thème "L'intelligence artificielle répondra-t-elle aux besoins de la Défense ?"	
Interview avec Mr Bruno Sarrazin et Patrice Palcy : Le développement du projet MMT	

# L'encadrement du chrome VI par la réglementation REACH

**Florian Bienvenut**  
**Master 1 Science et génie des matériaux**



# Le chrome, un oligo-élément, mais pas sans risques

Par Florian Bienvenu Master SGM Université de La Rochelle

Le chrome est un élément connu de tous car il présente des propriétés d'intérêt dans de nombreux domaines, cependant afin de l'utiliser de manière industrielle, son utilisation peut présenter des risques que ce soit pour la santé et l'environnement, ou encore le consommateur et les professionnels qui utilisent le chrome sous ses différentes formes.

Le chrome est un oligo-élément vital pour l'Homme ; il a un rôle très important dans la gestion des sucres absorbés par le corps humain. Le chrome se présente alors sous sa forme naturelle en tant qu'oxyde Cr(+III) ou sous sa forme métallique non oxydée. Le chrome est un élément chimique avec des propriétés relativement intéressantes. En effet, sa couleur typique argentée est très utilisée dans la décoration (argenterie, automobile, etc.). Outre son aspect esthétique, le chrome présente également des propriétés électrochimiques très intéressantes. En effet, il est inaltérable dans l'air comme dans l'eau car il forme à sa surface une couche passive d'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Le chrome est alors très utilisé dans de nombreux alliages, notamment les aciers inoxydables qui par définition sont appelés ainsi car ils sont composés d'au moins 10,5% de chrome. L'ajout du chrome en tant qu'élément d'alliage dans l'acier va permettre de protéger celui-ci sous la couche d'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  qui va se former en surface. Même dans le cas où la couche serait abîmée, le chrome présent dans l'alliage s'oxyderait de nouveau au contact de l'air afin de reformer la couche protectrice.

A partir du chrome au degré d'oxydation +III, il est possible de poursuivre son oxydation afin de former du Cr(+VI) très réactif utilisé pour l'électrodéposition de chrome sur des matériaux, dans le but de les protéger de la corrosion. Cependant le chrome VI est qualifié de cancérigène certain pour l'Homme depuis 1990, il peut provoquer des ulcères ainsi que des altérations génétiques, le cancer (des poumons), et par conséquent entraîner la mort.

L'exposition au chrome de manière générale se fait principalement par voie orale, par l'alimentation et surtout la consommation d'eau. Dans le cadre d'une exposition industrielle, ce sont les voies respiratoires qui sont touchées. Ainsi, la France a fixé en 2012 des valeurs limites de rejet de chrome VI pour les industriels, soit dans l'air 100kg/an, dans l'eau et les sols 50kg/an. De même l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a fixé des valeurs seuils pour le chrome total dans

l'eau destinée à la consommation avec une concentration maximum de 50µg/L. Cependant cette valeur est calculée sur la teneur totale en chrome, elle devrait être revue et abaissée à 6µg/L, avec une étude plus avancée de la concentration en chrome VI en cas de dépassement.

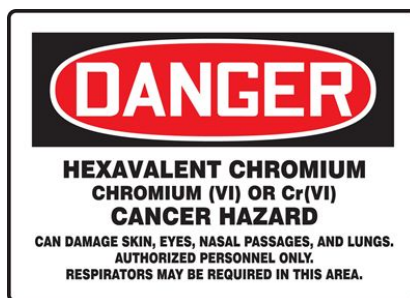
En dehors de la métallurgie, le chrome est également très utilisé dans le tannage afin de fabriquer du cuir. Le chrome sous sa forme +III est alors utilisé comme agent de tannage, il va permettre la formation de complexes chrome-collagène de grande stabilité ce qui

va permettre d'obtenir un cuir très résistant. L'utilisation de chrome III depuis le XX<sup>ème</sup> siècle a permis une forte industrialisation du procédé de tannage car il est ainsi devenu rapide et peu cher. Le principal problème lié à l'utilisation du chrome dans le tannage de cuire et que le chrome III peut pour diverses raisons s'oxyder en chrome VI avant tous les risques qui y sont liés. Les problèmes rencontrés de plus en plus

fréquemment depuis le début du XXI<sup>ème</sup> siècle concernent des réactions allergiques sévères au chrome VI, allant jusqu'à l'apparition d'une dermatite (inflammation de la peau).

Ce problème concernant pour la première fois des consommateurs et non des professionnels du domaine d'activité lié à l'utilisation du chrome, la réglementation REACH a donc fixé à 3mg/kg la concentration maximum de Cr(+VI) dans les articles en cuir en contact avec la peau.

Le chrome VI est donc une substance très utilisée dans de nombreux domaines, que ce soit pour des applications purement esthétiques, des propriétés électrochimiques (contre la corrosion) ou purement chimique (pour le tannage du cuir). Cependant ses dégâts avérés sur la santé et l'environnement ont progressivement amenés à une utilisation limitée et très stricte du Cr(+VI) jusqu'à ce que des solutions de substitutions propres à chaque domaine soit déterminées et économiquement viables.





# Le remplacement des chromates pour l'inhibition de la corrosion :

## Une problématique de maîtrise de la corrosion

Lors de la journée annuelle de la SF2M (Société Française de Métallurgie et de Matériaux) le 5 avril 2018 à La Rochelle, Simon Frappart (de Naval Group) a exposé les enjeux et les difficultés de remplacer les chromates maintenant interdits d'utilisation par la réglementation REACH et son annexe XIV des substances dangereuses.

Les différentes substances contenant du chrome hexavalent (Cr(+VI)) telles que le trioxyde de chrome ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ou l'acide chromique ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) sont très utilisées en traitement de surface. Le dépôt électrolytique de chrome au degré d'oxydation +VI permet la réalisation de chrome dur, ou encore de chrome décoratif. Le chrome VI est également utilisé dans la préparation de surface des plastiques et des métaux, pour l'oxydation de l'aluminium et pour les couches de passivation.

Le chrome VI n'est pas naturel. En effet, il est obtenu par oxydation du minerai de chrome III (forme naturel), cela a pour résultat de fortement augmenter son potentiel électrochimique, ce qui en fait un oxydant très fort. De par sa forte réactivité, le chrome VI a été classé dans les CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxique) et a été inscrit à l'annexe XIV de la réglementation REACH en 2013.

Selon la réglementation européenne REACH, les utilisateurs pouvaient déposer une demande d'autorisation de la substance jusqu'en mars 2016, cela afin d'obtenir un délai d'utilisation supplémentaire au-delà du 21 septembre 2017, « sunset date », après laquelle la vente et l'utilisation de chrome VI seront prohibées.

La demande d'autorisation doit comporter les risques de l'utilisation du chrome VI qui sont aujourd'hui connus et maîtrisés, ainsi que les intérêts socio-économiques de l'utilisation du chrome VI en comparaison des risques et de l'existence de solutions de substitution économiquement viables. C'est ce dernier critère qui fait qu'aujourd'hui le chrome VI reste très utilisé. En effet, sa grande réactivité permet son utilisation dans un très grand nombre de domaines depuis des décennies. Malgré plus de 15 ans de recherches de la part des formulateurs et des grands groupes industriels (dont Naval Group), aucune substance n'a pour l'instant égalé les propriétés du chrome VI, sans parler de l'aspect économique.

Depuis 2012 environ, 150 sociétés se sont réunies pour former le CTAC (*Chromium Trioxide*

*Authorization Consortium*) afin de réaliser des études dans de nombreux domaines, cela afin d'appuyer les demandes d'autorisation des sociétés auprès de REACH. La durée des autorisations est fonction des avancements technologiques et des solutions de substitution possibles. A titre d'exemple, la durée d'autorisation demandée dans le cas du chromage dur est de 12 ans. Le chrome VI étant également très utilisé dans l'industrie aéronautique, les sociétés du domaine se sont rassemblées pour former le CCST (*Miscellaneous Chromium VI Compounds for Surface Treatment REACH Authorization Consortium*).

Les nombreuses autorisations obtenues s'accompagnent dans la majorité des cas de VLEP (*Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle*). Cependant, pour le cas du chrome VI, les réglementations européennes sont moins strictes que les réglementations françaises, ce qui n'est pas le cas de la plupart des pays européens. Les autorisations accordées ne visant pas les produits finis, les pièces traitées hors Europe (non soumises à la réglementation REACH) peuvent alors être importées légalement. Cela étant un frein à la compétitivité et à l'innovation (facilités de délocalisation par rapport à la difficulté d'innovation), les autorisations étaient quasi-inévitables pour permettre de continuer les recherches afin d'obtenir des solutions de substitution viables dans chaque domaine.



Une chose est certaine, le remplacement du chrome VI ne pourra pas se faire par une substance unique capable de couvrir autant de problématiques que le chrome hexavalent, mais par un ensemble de solutions propres à chaque domaine. L'abandon définitif du chrome VI risque d'être plus long que prévu de par la difficulté de trouver des substances de substitution qui ne sont pas déjà soumises aux réglementations européennes, ou susceptibles de le devenir rapidement.

# L'impact de la réglementation REACH sur la recherche

La réglementation REACH ayant bousculé des procédés industriels parfois utilisés depuis des décennies, on peut rapidement imaginer que cela a permis de relever de nouveaux défis technologiques afin de passer au-delà des contraintes imposées. Juan Creus est enseignant-chercheur au Lasie de l'Université de La Rochelle. Il est spécialisé en SGM et mène des recherches en électrochimie sur des problématiques directement liées au chrome VI.



## **La réglementation REACH sur les métaux tels que le chrome VI donne-t-elle de nouveaux défis aux chercheurs ?**

Oui, lors de mes débuts en 1994, j'ai réalisé des travaux sur des alternatives au cadmium et je continue aujourd'hui de travailler sur des alternatives pour des substances soumises à la réglementation REACH dont le chrome VI. Actuellement un stage de niveau Master 2 est en cours sur de l'électrodéposition de chrome à partir de sa forme Cr(+III).

## **Comment est perçue la réglementation REACH sur l'utilisation du chrome VI ?**

Pour les entreprises la réglementation REACH est synonyme de contraintes avec un coût important. Les industriels ont, pour la plupart, obtenus des dérogations afin de continuer d'utiliser le Cr(+VI). De plus, les réunions d'informations expliquant comment obtenir une dérogation sont fréquentes. Les dérogations vont généralement jusqu'en 2024, voire au-delà, en fonction du domaine d'activité et de l'avancée des technologies selon le secteur. Certain secteur, tel que l'automobile, ont limité l'utilisation du cadmium et du chrome VI dès les années 1990 et l'utilisation du nickel dès les années 2000, l'aéronautique aujourd'hui très impacté par la réglementation REACH a beaucoup de retard à rattraper.

## **Quel sont les solutions de substitution du chrome VI ?**

Dans le cadre de dépôts métalliques, il faut faire une distinction : d'un côté, le chrome décoratif où l'intérêt est purement esthétique afin d'obtenir une couleur brillante typique du chrome (argenterie, automobile, etc.) où l'épaisseur est d'environ 1  $\mu\text{m}$  ; d'un autre côté, le chrome dur, où le chrome est utilisé pour ses propriétés tribologiques et anticorrosion (revêtements avec une dureté élevée et une bonne résistance aux frottements ainsi que des propriétés anticorrosion).

Dans le cas du chrome décoratif, des procédés sous vide par projection thermique permettent de projeter du chrome sans oxydation de celui-ci, ce qui permet l'obtention d'un chrome décoratif brillant avec, cependant, un coût plus élevé pour le moment.

Pour les alternatives au chrome dur, beaucoup de recherches sont toujours en cours. Ce qui est certain c'est que le remplacement du chrome VI se fera par un ensemble de solutions. « Il existe plusieurs solutions et plusieurs alternatives pour chaque solution ».

## **La réglementation REACH ne s'applique que dans l'union européenne et ne concerne que le chrome sous sa forme +VI et non les produits finis, quelles sont les faiblesses de REACH par rapport aux autres pays ?**

Au tout début, REACH ne concernait que le relargage de substances chimiques, les entreprises avaient donc des stations d'épuration intégrées, cela afin de ne pas relarguer du chrome VI dans la nature par exemple. Cela avait donc déjà un coût, cependant aujourd'hui c'est l'utilisation du chrome VI dans sa globalité qui est encadrée. « Ce n'est pas parce qu'une substance est toxique qu'elle est impossible à manipuler (sans risque) ». Cependant, le cadre d'utilisation aujourd'hui dicté par REACH est si stricte que le coût associé n'est pas viable pour les industriels. Il est donc naturellement plus avantageux d'effectuer les traitements chimiques dans des pays ayant une réglementation plus souple avant de ramener les produits traités en Europe. La conversion chimique soulève cependant certaines questions, car les chromates (chrome VI) restent sous leur forme d'oxydation +VI dans une couche d'alumine. Cela a donc un effet très bénéfique car la corrosion va libérer les chromates qui vont avoir un rôle cicatrisant et ainsi protéger un matériau de la corrosion. D'un certain point de vue, il n'y a donc pas directement une exposition au chrome VI, cependant le relargage de chrome VI dans le temps doit être conforme aux seuils définis par REACH. Pour le recyclage des bains servant à l'électrodéposition, le fait de relarguer du chrome VI encapsulé dans une autre substance n'était pas un problème il y a plusieurs années dans le sens où le chrome VI n'est pas relargué directement. La durée de vie d'un bain étant d'environ de 5-6 ans, l'enfouissement des bains usagés (pour le cadmium par exemple) est une solution utilisée mais qui reste néanmoins discutable.

# Mode de vie moderne, qu'en dit notre santé ?

**Mathilde Menanteau**  
**Master 1 Biotechnologie parcours Biochimie**

# Les écrans chez les enfants, vers une nouvelle addiction ?

La modernisation de la société a apporté une omniprésence des écrans dans notre environnement que ce soit au travail, à la maison ou lors de loisirs. Le numérique est une révolution ayant apporté beaucoup d'avantages mais pourrait-elle provoquer des dommages ?

Aujourd'hui, les enfants peuvent avoir leur premier téléphone à 11 ans, voire avant. Lorsque j'étais moi-même au collège, très peu d'entre nous avaient déjà un téléphone, certains l'ont eu vers l'âge de 14 ans. Personnellement, j'ai eu mon premier téléphone à l'âge de 15 ans...après avoir beaucoup insisté auprès de mes parents. Nous allons parler ici de nouvelles addictions et notamment des addictions aux écrans, touchant de nombreux enfants.

Aujourd'hui près d'un parent sur deux prête son téléphone à son enfant pour l'occuper. Certains savent se servir d'un smartphone ou d'une tablette dès l'âge de trois ans pour jouer, écouter des comptines sur Youtube...

Cela peut paraître anodin et inoffensif mais une fois ces « jeux » en mains, les enfants de répondent plus de rien et sont absorbés par ce qu'ils voient. Ils sont renfermés dans une bulle jusqu'à ce qu'on les oblige, parfois difficilement à lâcher leurs

écrans. Ils sont captés par ces écrans et un manque peut se ressentir, comme pour une personne droguée, lorsqu'on leur retire les écrans. Ils peuvent avoir les mêmes symptômes qu'une personne droguée : manque, impulsivité...

Comment ce mécanisme d'addiction peut-il bien fonctionner ? Tout cela tourne, en partie, autour de la dopamine. C'est l'hormone du désir et de la « récompense ». Elle est libérée par notre cerveau lorsqu'on obtient une récompense, cela provoque une sensation de bien être. Cette récompense peut être de toute sorte, par exemple, jouer à un jeu et gagner. L'organisme associe alors cette sensation de bien être et de plaisir à l'« activité » qu'on est en

train de réaliser et cherche à reproduire cette sensation. Les applications et les réseaux sociaux se servent de ces mécanismes pour atteindre leurs utilisateurs et les fidéliser.

Les enfants ayant l'habitude d'aller sur un écran ont parfois des troubles de comportement, ont des symptômes semblables à l'autisme. Ils s'isolent également, entraînant alors une diminution des contacts avec leur environnement et un retard dans leur apprentissage (langage, relationnel...).

Des médecins ont pu constater qu'en demandant aux parents de diminuer la présence et l'utilisation des écrans par les enfants, leur comportement peut changer rapidement et il est plus facile de communiquer avec eux. Bien sûr, des études sont nécessaires pour en vérifier la véracité, pour le moment il n'y a pas de corrélation prouvée par étude (en France) entre les écrans et le comportement de ces enfants

« dépendant ». Il existe des études montrant l'impact des écrans sur le cerveau, une exposition très importante aux écrans provoquerait par exemple une diminution de la taille du cortex cérébral.

Aujourd'hui en France, de par le peu d'étude associant les écrans et les effets sur les enfants il existe un manque de communication autour de la prévention auprès des parents. Les écrans ne sont pas reconnus comme addictifs ou comme une source de dépendance et sont bien différents de la drogue ou des jeux d'argent. Toutefois, une limitation des écrans auprès des enfants trop exposés ne peut avoir que des avantages.





# Les perturbateurs endocriniens : impacts et alternatives

Conférence par Pascal Carato professeur en chimie thérapeutique et membre de l'HEDEX (Health Endocrine Disruptor Exposome) et de l'INSERM de Poitiers.

L'existence des perturbateurs endocriniens n'est pas récente mais l'attention qu'on leur porte et les questions que l'on se pose à leur sujet débutent depuis peu et sont des questions d'actualité. Nous allons voir, grâce à cette conférence, ce que sont vraiment ces substances, quels en sont les dangers et les alternatives pour les limiter.

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle, étrangères à l'organisme. Elles peuvent interférer avec le fonctionnement du système endocrinien et ainsi induire des effets néfastes sur un organisme et ses descendances. Ils agissent comme les médicaments à la manière d'un système de « clé-serrure » : ces molécules (les clés) se fixent sur un récepteur cible (la serrure) présent sur les cellules des organismes et déclenchent ainsi un système de réponse.

De cette façon, les perturbateurs endocriniens peuvent impacter l'organisme en imitant une hormone naturelle, en prenant la place des hormones sur leur cible ou en gênant la production d'hormones. Les perturbateurs endocriniens peuvent ainsi impacter la santé humaine, par exemple, ils seraient liés à l'hyperactivité, à certains cancers, à des troubles de la reproduction : diminution de la qualité du sperme, à des anomalies de développement de l'organisme... La femme enceinte et les enfants seraient les individus les plus sensibles à ces molécules, mais l'Homme n'est pas le seul impacté. Les animaux le sont également. Vivant dans la nature, à l'état sauvage, ils sont exposés à différents produits relâchés dans la nature comme par exemple les pesticides. Certaines grenouilles se sont développées avec plus de pattes qu'elles n'en ont besoin.

Ces perturbateurs endocriniens peuvent se retrouver dans divers produits (aliments, cosmétiques, plastiques, air...), en voici quelques

exemples. Parmi eux, nous pouvons citer les phtalates, le bisphénol A, les parabènes... Le bisphénol A est présent dans les plastiques, il est relargué lorsque l'on chauffe ces plastiques, par exemple lorsque l'on réchauffe un plat ou un biberon au micro-onde dans un contenant en plastique. Les parabènes sont notamment présents dans les cosmétiques. Ils seraient liés à certains cancers, à la prise de poids chez l'enfant et à des allergies. Les nanoparticules comme le dioxyde de titane (E171) sont également des perturbateurs endocriniens utilisés dans les bonbons comme colorant.

Pour beaucoup de ces molécules, les effets néfastes n'étant pas toujours prouvés scientifiquement par des études, leur utilisation dans les



industries peut être autorisée à faible dose.

Malgré toutes ces informations pouvant paraître peu optimiste, ce sujet ne doit pas être anxiogène, restons positif et ne nous empêchons pas de vivre ! Il existe diverses alternatives : utilisation de savon avec le moins d'ingrédients possible, les récipients en verre pour réchauffer un repas, aérer une pièce de la peinture a été appliquée sur les murs ou si de nouveaux meubles sont installés (chambres de bébés)... Des sites internet (exemple : Que choisir) et des applications ont été développées pour aider à déchiffrer et comparer les listes d'ingrédients souvent compliquées.

# Le burn out dans la société

Interview de Madame Salomon, psychologue à Niort (79).

## Qu'est-ce que le burn out ?

Le burn out est décrit comme un effondrement ou un épuisement professionnel ou familiale. Cela arrive lorsqu'une personne est arrivée au bout de ses capacités physique, psychique et sociale, elle est arrivée à saturation. Cela peut arriver lorsque la charge mentale est trop importante, comme un ordinateur quand on lui demande d'effectuer trop de tâche en même temps, il plante. Pour certain c'est la même chose, par exemple lorsque le corps est arrivé à saturation et malgré l'envie il est possible de ne plus pouvoir se lever le matin et de devoir rester allongé, car le système nerveux et les muscles ne peut plus se faire pour envoyer l'information de se lever. Le burn out présente des symptômes tels que des douleurs possibles sur le corps entier (maux de tête, reins, estomac, muscles douloureux...), un effondrement dépressif, une absence de plaisir ainsi qu'un isolement social. Cela entraîne un manque de motivation, la fatigue et cela peut également toucher les capacités cognitives.

Bien sûr, cela n'est pas irréversible. Une personne ayant fait un burn out peut réintégrer un emploi environ 3 à 6 mois plus tard. Cela peut varier et dépend de chaque personne. Il est possible que ces personnes ré-intègrent la même entreprise mais rarement le même poste.

Le burn out n'est pas reconnu comme une maladie mais plutôt comme un épuisement professionnel ou un syndrome post traumatique. Il existe d'ailleurs des médecins spécialisés dans la santé mentale au travail.

## Cela touche-t-il certaines personnes en particulier ?

Beaucoup de femmes font un burn out (familial ou professionnel) car en plus de leur travail elles s'occupent de leur maisons de leurs enfants, ce qui ajoute une charge mentale en plus de leur travail. Cela touche aussi les dentistes et les médecins ou tous métiers ayant un rapport avec l'humain, la restauration, les commerciaux... Des étudiants peuvent également

faire un burn out. Cela arrive beaucoup chez les personnes, ou les étudiants, qui aiment leur travail, car comme le dit la phrase « quand on aime, on ne compte », ces personnes s'engagent pleinement dans leurs tâches sans compter jusqu'à saturation de leurs capacités.



## Le burn out est-il un phénomène récent ?

On parle de burn out depuis environ 10 ans, c'est au Japon qu'est apparu en premier sa description, il y a environ 20 ans. Il n'y a pas forcément plus de cas de burn out aujourd'hui qu'avant. Du temps de nos grands parents, certains travaillaient énormément avec des horaires difficiles. Aujourd'hui, les conditions de travailles sont plus allégées pour beaucoup avec parfois la possibilité d'aménager ses horaires et nous possédons de plus de possibilités de congés. En revanche, la différence avec aujourd'hui qui pourrait être en lien avec le burn out c'est la capacité de travail demandée à certains employés. Les employeurs peuvent avoir des exigences importantes, ils peuvent demander de fournir un travail trop conséquent pour une seule et même personne. La société d'aujourd'hui est très exigeantes, il faut savoir être expert dans plusieurs domaines et tout doit être rapide et précis. Ces conditions de travail trop exigeantes induisent une charge mental très importante pour une seule et même personne et cela peut alors mener à un burn out.

# La conquête des technologies spatiales

**Christian Marquay**

**Master 1 Ingénierie des COntenus Numériques en Entreprise**



# Les communications par satellites

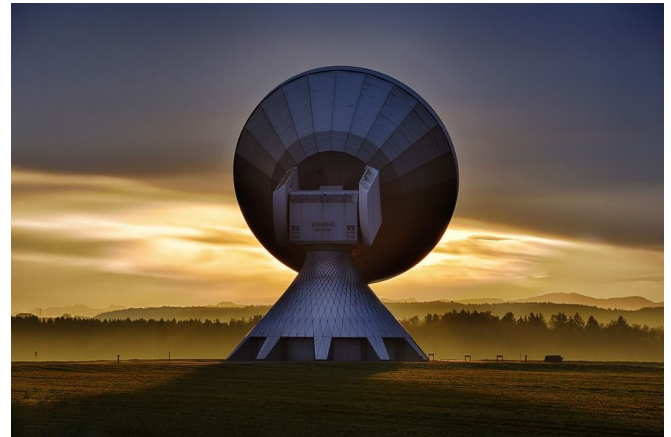
Le fonctionnement des communications par satellite doit prendre en compte les systèmes dans lesquels ils évoluent ainsi que les éléments qui le composent, et cela dès la phase de planification.

Les systèmes de communications par satellite peuvent se décomposer en trois grands groupes. Le segment sol est composé des machines avec lesquelles les utilisateurs se connectent ainsi que les stations servant de relais entre les satellites et les réseaux terrestres. Le segment contrôle gère le fonctionnement et le système de communication des satellites, il permet de vérifier la santé du matériel et de le reconfigurer s'il y a besoin. Le segment spatial correspond aux satellites en orbite. L'ingénierie système consiste à prendre en compte les objectifs et les contraintes du système global dans le développement de chaque élément. Le fragment sol peut être composé d'un simple téléphone mobile comme d'une puissante antenne parabolique fixe. En fonction des cas, la conception du système changera.

Pour se limiter aux satellites terrestres, ils suivent une orbite elliptique dont l'un des deux points focaux est la Terre. Un satellite ne vole pas, il est en état de chute perpétuelle au-delà du sol de notre planète. Son altitude et sa vitesse offrent un équilibre. Quand on diminue l'un, il faut augmenter l'autre sans quoi le satellite dévie de son orbite vers l'espace ou vers la Terre.

L'orbite géostationnaire, située à environ 36 000 km d'altitude, est la plus recherchée. Pour un observateur terrestre, le satellite est immobile au-dessus de sa tête. En effet, la vitesse du satellite est égale à celle de la rotation de la Terre. Ainsi il n'est nécessaire de ne régler qu'une seule fois l'antenne pour capter la radio ou la télévision. Les satellites géostationnaires sont de fait les plus nombreux.

Leur système de propulsion leur sert lors de la mise en orbite dans un premier temps, puis pour conserver leur trajectoire car ils dérivent facilement, et en fin de vie pour les envoyer dans



une orbite de parking ou pour les faire se désintégrer dans l'atmosphère. Les propulseurs les plus communs fonctionnent par réactions chimiques, mais on développe une propulsion électrique par accélération de gaz ionisé à l'aide de champs magnétiques.

La structure doit résister au décollage où elle encaisse jusqu'à 4,5 g, ainsi que des vibrations et une pression acoustique jusqu'à 140 dB. Des alliages d'aluminium, de magnésium, et de fibre de carbone permettent d'augmenter la résistance pour une masse minimale. Il est également nécessaire de réguler la température qui peut varier de  $-120^{\circ}\text{C}$  à  $+150^{\circ}\text{C}$ . Il existe des dispositifs actifs pour cela, mais également passifs avec l'utilisation de matériaux de différentes couleurs qui vont absorber, réfléchir, ou émettre de la chaleur.

Enfin, les satellites sont composés d'antennes et d'un répéteur. Le répéteur permet d'amplifier le signal reçu par les antennes réceptrices et de le rediriger vers les antennes émettrices. Les caractéristiques des antennes des satellites dépendent de celles des antennes avec lesquelles elles communiquent au sol. Une petite antenne au sol correspond à une grande antenne à bord pour compenser.



# Quel avenir pour la conquête spatiale ?

Quand Jean-François Clervoy participe aux Débats de l'Atlantique le 27 mars 2018, c'est pour nous parler de son expérience d'astronaute français mais aussi de son quotidien de senior astronaute à l'ESA et d'entrepreneur en tant que président de Novespace.

Le discours de Kennedy est très fort : on ne fait pas parce que c'est facile mais parce que c'est difficile. Si on ne fait que des choses faciles, on ne saura jamais de quoi on est capable. En astronautique, quand on décide d'un programme, la moitié des problèmes à résoudre n'a pas encore de solutions connues. Avec le programme Apollo, la NASA a dû inventer des techniques de gestion de grands programmes pour gérer 30 000 sous-traitants. Ce sont des dérivés de ces techniques qui sont enseignés aujourd'hui en techniques de gestion de grands programmes.

Tous les astronautes ont eu la démarche personnelle de répondre à un appel à candidatures. Aujourd'hui, les sélectionnés sont océanographes, vétérinaires, chirurgiens cardiaques, biologistes, sous-marinières, pilotes d'hélicoptère ... Si dans un équipage, vous avez un plongeur, un volcanologue, un ingénieur spécialiste en électronique, un chimiste, comme ils n'ont pas la même formation ni la même expérience professionnelle, ils ne vont pas raisonner de la même façon donc ils vont augmenter la capacité du groupe à innover.

Plus de 50% du temps d'entraînement prépare au fait qu'il va y avoir des pannes. Vous n'entendrez jamais des astronautes se plaindre. Dès qu'il y a une panne, ils cherchent la solution. Les instructeurs n'ont pas le droit de donner de scénarios sans solutions sinon on appelle ça du *negative training* mais ils peuvent être vicieux. À un mois du décollage, ils mettent la fuite d'air, la fuite de carburant, le feu à bord, le court-circuit, et



les astronautes se frottent les mains à la pensée de montrer qu'ils ne peuvent pas se faire piéger.

Vous allez entendre de plus en plus parler de *space mining*. Le Luxembourg a mis de côté 200 millions d'euros pour

toute société qui vient s'implanter sur son territoire dont le but est de développer des technologies d'exploitation des ressources extraterrestres. Si on maîtrise la fusion thermonucléaire qui est un autre champ de recherche actuel avec ITER, avec 100 tonnes d'hélium 3 on satisfait la demande énergétique de la Terre entière pendant un an.

Novespace est une version *low cost* avec les vols paraboliques. Ils consistent à faire la même chose sans monter dans l'espace, en restant dans un avion. La mission de Novespace est de servir la science. Pour permettre à plus de scientifiques de voler, la société organise quelques fois par an des vols touristiques. Universal Studios a ainsi privatisé l'avion pour un film pour un caprice de Tom Cruise, BigCityBeats a de son côté transformé l'avion en boîte de nuit.

Pour citer le capitaine Kirk, notre mission est d'explorer de nouveaux mondes étranges, de rechercher de nouvelles formes de vie, et avec audace aller là où on n'est jamais allé. C'est littéralement, mot à mot, ce qui se fait à l'ESA. C'est également transposable au monde de l'entreprise : explorer de nouveaux marchés, rechercher de nouvelles technologies, de nouveaux produits, et oser se lancer dans de nouveaux projets.



# L'ONERA est un gage de souveraineté

L'ONERA est le premier acteur français de la recherche aéronautique, spatiale et de défense. Il regroupe tout le spectre des compétences du domaine comme nous l'explique Gérard Ordonneau.



**Gérard Ordonneau** est directeur du programme “lanceurs” à la direction de programme espaces de l'ONERA.

**Vous travaillez sur la préparation d'Ariane 6. Est-ce le projet principal que vous développez actuellement ?**

Actuellement, l'ONERA a un rôle d'analyse d'expert. On essaie d'avoir un temps d'avance par rapport à l'industrie parce que le développement des méthodes nécessite un cycle relativement long. La réorganisation de l'espace européen a donné à un industriel la responsabilité d'Ariane 6. On intervient auprès de l'industriel pour répondre à des besoins technologiques et scientifiques pour la réalisation de son lanceur.

**Vous avez également un partenariat avec le CNES pour réaliser des lanceurs réutilisables.**

Le CNES a monté un projet en commun sur un projet appelé Callisto. On a des projets d'intérêt commun avec le CNES sur les instabilités de combustion, sur le bruit de jet au décollage du lanceur, et on en a défini un nouveau sur les lanceurs réutilisables. On regarde comment réduire les coûts de remise en état et de réutilisation. La navette spatiale était déjà un véhicule réutilisable sauf qu'elle a coûté vingt fois plus que ce qu'elle devait économiser.

**Ces projets vous monopolisent-ils ou avez-vous encore d'autres vos projets à venir ?**

Nous avons deux gros projets actuellement qui sont Callisto pour les lanceurs réutilisables et le projet Prometheus qui est le moteur qui doit coûter moins cher que le Vulcain de part son organisation et de part sa méthode de fabrication avec la fabrication 3D. On est capable de faire pas mal de pièces qui fonctionnent, maintenant il faut s'intéresser aux défauts et aux propriétés mécaniques. La fabrication additive est un nouveau domaine qui va générer des nouveaux matériaux qui auront des caractéristiques d'élasticité dispersées par rapport à ce qu'on sait faire jusqu'à présent. Il faut donc les caractériser, puis améliorer la production.

**Il y a un déséquilibre dans la concurrence internationale avec les entreprises américaines qui sont surpayées par le ministère américain, leur permettant de proposer des offres à faible tarif aux industriels y compris européens.**

C'est toute la difficulté, Ariane fait une grosse partie de son chiffre d'affaires à l'export. Il n'y a pas de préférence d'Ariane pour les lancements européens, l'ESA peut mettre des satellites sur des lanceurs américains. ArianeGroup a demandé pour Ariane 6 d'avoir un minimum de lancements institutionnels pour assurer un prix. SpaceX a 60% de son budget et de son carnet de commande pour des satellites américains. Il a un marché conquis, où il vend deux fois plus cher qu'il vend à l'extérieur. Il y a une concurrence un peu faussée.

# L'évolution de l'intelligence artificielle au service de la Défense

**Mélodie Michaux**  
**Master 1 Science et génie des matériaux**



# L'intelligence artificielle, une technologie prometteuse

*Par Mélodie Michaux*

*Master CMI 1<sup>ère</sup> année Sciences et Génie des Matériaux*

Ce n'est qu'à partir des années 1990 que l'intelligence artificielle (IA) s'est intégrée dans nos systèmes experts, et ce, grâce à l'augmentation des puissances et de la miniaturisation des composants qui permettent aujourd'hui d'insérer des logiciels capables d'accomplir de plus en plus de tâches pour un coût moindre. Les machines dotées d'IA disposent à la fois de moyens de perception de l'environnement (capteurs, senseurs), de capacités de traitement de l'information (base de données, logiciels) et de moyens d'action sur son environnement.

La mission première de l'IA était de soulager l'homme de certaines tâches nécessitant une précision particulière, une répétition ou bien face à une situation dangereuse. En termes de tactique, l'IA est susceptible de présenter des progrès importants par rapport aux capacités traditionnelles notamment sa capacité accrue de renseignement, sa synchronisation des actions, la rapidité de traitement des informations et la liberté d'action en ce qui concerne sa mobilité non limitée. Pour ce qui est de la stratégie, ces technologies démontreront également tout leur intérêt, confrontées aux principes de la guerre et à son évolution. De plus

elles permettent d'éviter les pertes humaines et ainsi constituer la nouvelle « chair à canon » qu'obligent les combats dans les milieux difficiles et dangereux face à un ennemi violent, déterminé et prêt au suicide. Ces systèmes réduisent donc l'exposition des soldats et pilotes à la mort ou aux blessures de guerre tout en assurant la plus grande précision et la meilleure vitesse qui est alors rapportées à celle de l'électron et non plus à celle de la capacité de cognition humaine.

D'autre part, les avantages des robots militaires munis d'IA par rapport au soldat sont qu'ils ne connaissent ni faim, ni peur, ni émotions vis-à-vis du niveau de danger ou des pertes et n'oublient pas les ordres. Ils dépassent donc les limites des hommes au combat, et de ce fait, ils accroissent l'efficacité militaire. En termes d'entraînement, l'apprentissage d'un robot se fait de manière continue et elle est en progression permanente de par son expérience digitalisée qui s'agrandit au cours du temps et de façon quasi instantanée via les mises à jour logicielles, en opposition à la transmission de l'expérience, inévitablement imparfaite et à renouveler pour chaque génération de soldats nécessitant des durées importantes de formation. Un tel

système est le seul moyen ayant la capacité de mobiliser autant de données ensemble et permettant d'y accéder rapidement.

La dynamique du soldat de demain est d'être ultra mobile et d'anticiper les mouvements de son ennemi. L'idée est de pouvoir apporter une aide à la décision d'un petit groupe à un groupe plus important, d'envoyer des informations sur le groupe ennemi et d'agir en temps réel. Cela peut se faire via une analyse géodésique, une imagerie satellite ou par simple survol d'un drone afin d'analyser la problématique de la structure de terrain. De plus, l'analyse comportementale est également possible : on peut en tirer des informations de renseignement majeures à partir de la température corporelle indicative des émotions et donc une éventuelle menace. Un comportement anormal, une personne potentiellement dangereuse, le stress, la manière dont la personne se déplace peuvent être détectés à partir de l'analyse image. Toutes ces informations sont bien entendu à prendre avec modération puisqu'il est difficile de prévoir les différents comportements en fonction des individus et de la complexité du cerveau humain.

# L'intelligence artificielle répondra-t-elle aux besoins de la Défense ?

avec Quantum Intelligence R&D et l'association des officiers de réserve de la Martinique

*Par Mélodie Michaux*

*Master CMI 1<sup>ère</sup> année Sciences et Génie des Matériaux*

Le jeudi 17 mai 2018 s'est déroulé une conférence-débat ayant pour thème l'évolution de l'intelligence artificielle. La réflexion s'est développée à travers le projet MMT ; Man-Machine-Teaming ou encore la coopération homme machine.



La société Quantum travaille sur l'intelligence artificielle (IA) depuis les années 50 mais a présenté jusqu'alors peu d'évolution en raison des coûts élevés que représentent les recherches. Cependant ces dernières années les progrès ont accéléré et l'IA devient de plus en plus créatrice. En effet Quantum gère des thématiques et les implante dans nos systèmes, touchant les domaines tels que l'informatique, la santé, la défense et bientôt celui de l'éducation.

Le principe réside dans la création d'un « réseau de neurones » destinés à l'apprentissage permanent après l'implantation de données traitées au préalable qui vont constituer la première base de données de la machine. L'IA a donc pour objectif de se développer dans un deuxième temps de manière autonome en créant des filtres de données et des

statistiques permettant d'en ressortir une convergence vers la solution du problème en fonction de la situation et de sa perception de l'environnement.

Pour ce faire et dans les meilleures conditions, un algorithme est créé et il est doté de capacités d'auto apprentissage qui permettent par son utilisation d'augmenter son taux de réussite et surtout de faire évoluer ses valeurs de seuils, valeurs pour lesquelles le système va interrompre les recherches sur une direction dans le réseau. Le but est de s'adapter à son environnement, de gagner du temps dans l'exploration des données et de constituer une aide au diagnostic en développant la capacité de raisonnement du système.



Le projet MMT, lancé le 16 mars 2018 pour le développement de l'IA de Défense appliquée à l'aéronautique de combat, a pour objectif de créer un système aérien cognitif. Un grand nombre de bases de connaissances sous forme de données informatiques se « parlent » entre elles et en fonction

de la menace décide d'envoyer une solution qui semblerait la plus adaptée au pilote qui est alors totalement assisté pour accomplir sa mission. Le système n'est pas lié à un milieu : il peut opérer sur terre, mer et dans les airs. Ils ne



sont pas limités par l'hostilité des milieux sous-marins et l'espace, dans lesquels ils sont déjà présents. En effet, l'idée est d'avoir une base de données commune afin d'interfacer l'ensemble et avoir une solution tactique coordonnée en temps réel.

L'intérêt de l'IA est qu'elle permet de rejoindre un comportement très proche de celui de l'humain. Il est à noter que le cerveau humain présente 70% de valeur vraie qui est la réponse apportée au système, permettant de fournir une réponse rapide et adaptée.

Dans tous les cas l'IA reste un système d'aide à la décision mais ne prendra jamais la décision finale qui est consacrée à l'homme notamment à cause de la probabilité non nulle de la défaillance informatique.

# Interview avec Mr Bruno Sarrazin et Patrice Palcy responsable de la société Quantum Intelligence

avec Quantum Intelligence R&D et l'association des officiers de réserve de la Martinique

*Par Mélodie Michaux*

*Master CMI 1<sup>ère</sup> année Sciences et Génie des Matériaux*

## ***Comment a débuté le projet MMT ?***

La Martinique a été le premier département à avoir soutenu le projet MMT lancé et financé par la Direction générale de l'armement (DGA) et animé par Dassault Aviation et Thales pour un écosystème innovant et souverain dans le domaine de l'Intelligence Artificielle et des nouvelles relations Homme/Machine appliquées à l'aéronautique de combat.

<http://man-machine-teaming.com/>

Pour ce faire 7 millions de fonds européens ont été apportés pour ces recherches et ont permis l'apparition de tels outils qui présentent un panel d'applications infini.

## ***Pouvez-vous développer le principe d'un tel système ?***

L'IA se développe sur le principe d'interactions via une plateforme multimodale IHM auto adaptative et collaborative. Le réseau de neurone doit par ailleurs être capable de s'adapter lors du manque de données. Le système travaille sur des thématiques à partir de questions qui lui sont posées, il doit donc aller à la source des choses et cerner ce qui se passe. Il s'agit maintenant de lui poser les bonnes questions afin de ne pas être surpris de la réponse du système qui parfois semble surprenante.

L'IA se forme par la création d'un schéma de neurone (programmation neurosymbolique du système sur logiciel) inspiré du cerveau humain dont le programme s'écrit tout seul tout au long de sa vie, les modifications sont alors plus simples. Le code doit être parfait pour éviter les erreurs, pour cela nous travaillons sur les effets de mémoire. Nous commençons petit, avec des choses que l'on maîtrise bien afin d'éviter les réactions surprenantes.

De plus le système a une capacité de rétropropagation neuronale c'est à dire la capacité de désapprendre de lui-même. Il s'agit d'une prise de décision sans affecter la propagation du réseau. Le but est de récupérer des informations et de se demander pourquoi l'IA cherche dans une direction et prend une décision en particulier. Il est même possible pour l'IA de donner son avis sur une correction d'un mode de fonctionnement pour un meilleur résultat.

L'IA n'est pas programmée en mathématiques mais en bio-mathématiques : l'entreprise de services numériques Nexilone permet de flouter les valeurs et d'émettre un doute. L'incrémentation du doute se fera ensuite en fonction du faux positif et de l'expérience (tendance), cela permet ainsi l'auto-correction du

système et si l'erreur persiste alors une alerte est donnée.

## ***Quels risques peut présenter l'IA ?***

De par la prise de décision nous mettons en jeu des vies humaines, les développements s'obligent donc à être extrêmement professionnels. La prise de décision de l'IA représente un risque et il est bien difficile de remonter la chaîne de responsabilité. Selon la ministre des Armées Florence Parly il est donc hors de question d'avoir une IA complètement autonome.

Concernant le domaine de la cyberdéfense, les failles sont difficiles à trouver de par la complexité du système mais implique aussi la difficulté de détection des sources d'attaque de celui-ci. L'objectif est de générer un système, de le faire évoluer et de le protéger. Il a donc été décidé de se lancer dans la recherche mais de façon contrôlée de bout en bout.

## ***Quelles sont vos perspectives d'amélioration ?***

L'humain se développe de manière quantique et a donc la capacité de gérer tout un tas de fonctions. L'objectif de l'IA est de se rapprocher au plus près de cela. Nous travaillons sur la possibilité d'affecter une IA individuelle au pilote qui le suivra tout au long de sa formation et permettra une adaptation complète cette IA à son pilote.



