

# **ANNEXE**

## **Technologie et sécurité industrielle : Eléments de prospective**

**Mai 2003**

**Enjeu : Mieux concevoir**

**Thématique de recherche :** Intégration des principes de la sécurité intrinsèque dès la conception d'un procédé industriel

**Problématiques de R&D :**

- **Développement d'outils de formation et de sensibilisation des chercheurs ou des futurs chercheurs à l'intégration des principes de la sécurité intrinsèque**

Il s'agit de développer une culture de la sécurité dans les milieux de la recherche universitaire et industrielle par l'enseignement, la formation et le partage des connaissances. Il existe en effet un certain cloisonnement entre les activités de laboratoire et les activités de production industrielle, notamment sur les questions de sécurité.

- **Modélisation des mécanismes de l'agir humain lors de la conception de procédés intrinsèquement sûrs**

La conception de procédés intrinsèquement sûrs ne peut pas reposer que sur des critères techniques. Cette conception ne peut être efficace que si elle est munie d'un modèle de l'agir des opérateurs.

- **Développement d'outils d'aide à la conception des procédés intégrant les principes de la sécurité intrinsèque**

La mise en œuvre de nouvelles techniques de production fondées sur les principes de sécurité intrinsèque est appelée à utiliser de nouveaux équipements tels que par exemple les réacteurs miniaturisés mentionnés plus loin. On s'attend à ce que la traduction des besoins relatifs à la chimie sous forme d'un cahier des charges utilisable par l'équipementier pour la fabrication des éléments ouvre le développement d'un champ de nouveaux outils d'aide à la conception.

**Enjeu : Mieux structurer**

**Thématique de recherche :** Développement de solutions alternatives aux procédés mettant en œuvre des énergies potentielles importantes

**Problématiques de R&D :**

- **Développement de bases de données relatives à l'état de l'art en termes d'équipements de sécurité et intégrant des données de sûreté de fonctionnement**

Il s'agit ici de développer des outils permettant d'organiser la collecte, l'échange, le suivi et la veille des informations relatives aux connaissances sur les dispositifs techniques mis en œuvre dans l'industrie pour maîtriser les risques liés à la mise en œuvre de procédés utilisant des matières dangereuses. Après avoir répertorié et analysé l'ensemble des sources intéressantes d'informations à consulter pour acquérir et maintenir des connaissances sur les dispositifs techniques (principes, conception, technologies, évaluation, retour d'expérience industriel, évolutions), une base de données pourrait être structurée.

- **Développement de réacteurs miniaturisés fonctionnant en continu en tant que solution alternative à la cuve agitée traditionnellement utilisée dans les ateliers de chimie fine**

Ce programme de recherche qui pourrait être développé dans un délai de 5 ans concerne le développement de solutions alternatives à la cuve agitée traditionnellement utilisée dans les ateliers de chimie fine. Parmi les solutions évoquées, les réacteurs miniaturisés fonctionnant en continu ont été cités. En chimie, le réacteur est au centre du dispositif de production. Dans de nombreux cas, cet élément est une cuve agitée dans laquelle les réactifs sont introduits soit simultanément, soit progressivement, pour réagir entre eux. A terminaison de la réaction, le réacteur est vidé pour récupérer le produit final. Cette méthode de travail, par opérations discontinues, conduit à l'utilisation de volumes réactionnels importants qui peuvent aller jusqu'à plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>, ce qui présente des inconvénients au terme de sécurité.

- **Développement d'échangeurs thermiques/réacteurs structurés permettant d'améliorer la maîtrise de l'exothermie des procédés**

Les réacteurs échangeurs intégrés sont des dispositifs constitués de plaques pré-gravées qui, lorsqu'elles sont empilées constituent un réseau permettant de faire circuler, dans deux directions perpendiculaires, les réactifs et le fluide de refroidissement. Par rapport à la traditionnelle cuve agitée, on attend de tels systèmes, des avantages en termes de réduction de la taille du réacteur, d'amélioration de la sécurité, d'une plus grande propreté environnementale et des économies d'énergie d'au moins 40%.

- **Développement d'une démarche de certification des équipements contribuant à la sécurité intrinsèque des procédés**

Il est suggéré de définir une procédure de certification des composants et de leurs interconnexions soit mise en place de façon à garantir leurs performances aux utilisateurs. La mise en place d'un label qu'une telle procédure implique peut également avoir un effet susceptible d'accroître la créativité dans ce domaine en permettant à un plus grand nombre d'entreprises (notamment de petite taille) de s'y intéresser. La possibilité d'obtenir une reconnaissance des produits peut en effet s'avérer, pour elles, à terme, comme un argument de vente à un prix intéressant.

**Enjeu : Mieux comprendre**

**Thématique de recherche :** Développement d'outils facilitant l'acquisition de connaissances sur les procédés dangereux

**Problématiques de R&D :**

- **Développement d'outils calorimétriques et informatiques permettant d'acquérir des données cinétiques et thermodynamiques relativement aux réactions complexes**

Il s'agit de développer des outils expérimentaux de laboratoire simples et fiables permettant de déterminer rapidement et facilement le potentiel de dangers des réactions sur des faibles quantités (acquisition de données thermodynamiques et cinétiques), des calorimètres expérimentaux dédiés à la mise au point de procédés continus, des calorimètres expérimentaux dédiés à l'étude de systèmes réactionnels complexes (Réactions hétérogènes, ...), de calorimètres expérimentaux dédiés à l'étude des réactions rapides, de systèmes instrumentés permettant de suivre les concentrations de produits en temps réels.

- **Développement de capteurs intelligents permettant de suivre le déroulement des réactions en temps réel**

Cette action concerne la mise au point de principes d'analyse originaux et leur mise en application respectant les contraintes de fiabilité, de sélectivité, de coût et d'opérationnalité. Il s'agira de disposer de méthodes d'analyse intégrant des moyens d'échantillonnage, de séparation, de détection, notamment in situ, d'imaginer et d'utiliser de nouvelles méthodologies analytiques, ainsi que des capteurs spécifiques dans milieux biologiques, les liquides et les gaz, de fabriquer des maquettes de dispositifs de détection, dont des capteurs de sécurité et des capteurs logiciels, les miniaturiser et les rendre autonomes sur une longue période.

### **Enjeu : Réduire les stockages**

**Thématique de recherche** : Développement de procédés permettant de diminuer les quantités de matières premières dangereuses sur les sites industriels

### **Problématique de R&D** :

Un programme de recherche qui pourrait être développé dans un délai de 10 ans concerne le développement de mini-unités industrielles permettant de produire in-situ des produits dangereux, en quantités limitées aux besoins.

Ce programme illustrerait la notion « d'industrie au robinet ». Il s'agit d'ouvrir la voie à des réflexions sur le conditionnement, le transport, le stockage et la distribution des matières dangereuses sur les sites industriels.

Il s'agira dans un premier temps d'identifier les produits industriels pour lesquels ce type de réflexions aurait un intérêt, en terme de diminution du potentiel de danger sur un site, d'étudier la faisabilité des projets identifiés avant de passer au développement proprement dit.

Ce programme devra s'inscrire dans une réflexion plus globale qui devra prendre en compte les questions de :

- La dissémination de mini-unités industrielles qui contribuerait à déplacer le risque vers les utilisateurs,
- La prise en compte d'une démarche globale de diminution des dangers intégrant la problématique des transports de matières dangereuses,
- L'intégration des aspects liés à l'impact sur l'environnement des mini-unités industrielles développées pour diminuer les stocks de matières dangereuses.

## Amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

**Enjeu : Mieux comprendre**

**Thématique de recherche :** Conceptualisation / Modélisation / Diagnostic

### **Problématiques de R&D :**

- **Mise en place et développement d'outils REX pour recueillir et analyser les événements**

Le retour d'expérience joue un rôle clé dans l'amélioration de la sécurité industrielle. Il y a en effet beaucoup à apprendre des incidents, des accidents ou des presque-accidents qui se sont produits. Cependant, il s'agit d'un exercice délicat dans la mesure où communiquer autour d'un dysfonctionnement est difficile pour le personnel qui est plus ou moins impliqué dans ce dysfonctionnement (simple témoin ou responsable) ainsi que pour l'entreprise pour qui un incident n'est jamais valorisant

C'est pourquoi la problématique de développer des outils à partir de la technologie pour recueillir et analyser les retours d'expérience a été proposée. Ainsi, il serait possible de capitaliser et d'intégrer les connaissances et les expériences des industriels, tout en essayant de garder un certain anonymat pour les personnes venant rapporter des faits.

Le retour d'expérience se base également sur l'analyse d'évènements quotidiens afin d'anticiper les accidents ou incidents.

- **Mise en place et développement d'outils d'aide au diagnostic sur l'état du système de contrôle et du système de commande**
- **Mise en place et développement d'outils pour la décision coopérative et concertée (modélisation, simulation...)**
- **Définition des alarmes et les actions associées à leur utilisation**
- **Mise en place et développement d'outils de modélisation**

Ces outils doivent aider à une meilleure conception des systèmes en permettant notamment d'étudier l'état dégradé de ces systèmes.

## Amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

**Enjeu : mieux conduire**

**Thématique de recherche :** Assistance à l'opérateur

**Problématique de R&D : Développement d'outils d'aide à l'opérateur**

**Mise en place et développement de système :**

- **de gestion des alarmes et d'un outil d'aide à la décision en gestion d'alarme**

Il y a de nombreuses alarmes sur une installation et en cas de perturbation elles peuvent se déclencher en cascade voire simultanément. L'opérateur ne peut alors pas répondre à toutes ces alarmes en même temps et il faut pouvoir l'assister en lui désignant, par des systèmes intelligents de gestion des alarmes, les alarmes primaires, qu'il est fondamental de prendre en compte avant toutes les autres car elles révèlent où se trouve véritablement l'origine de l'incident, responsable par la suite du déclenchement en cascade de toutes les autres alarmes.

- **d'aide à la conduite en situation perturbée**

Certains outils permettent une adaptation automatique du contenu de l'interface suivant l'origine de la défaillance. Ainsi, par exemple, des synoptiques dédiés à la conduite en situation perturbée apparaissent suite à un manque d'électricité ou de vapeur, ou encore suite à l'arrêt de telle ou telle machine (pompe, compresseur...) importante pour la sécurité.

- **de gestion des reprises**

- **« transparent » pour l'opérateur et prenant en compte ses besoins**

Tous les systèmes développés pour assister l'opérateur doivent prendre en compte l'opérateur lui-même, avec ses besoins et sa façon de réfléchir. On vise ainsi à obtenir des systèmes les plus transparents possibles pour l'opérateur afin que ce dernier puisse comprendre et exploiter au mieux les données qui lui sont fournies par ces systèmes.

- **de détections « préventives » des dérives et défaillances**

Il est important de mettre en place des systèmes de détections préventives des dérives et des défaillances. Ainsi, dès qu'un paramètre paraît anormal il faut qu'il puisse être repéré au plus tôt afin d'être canalisé et éviter ainsi une dérive en accident.

- **permettant de suivre l'évolution des dérives et de voir l'ampleur de ces dérives**

En plus de détecter tôt les dérives, il faut pouvoir suivre l'évolution de ces dérives afin d'en mesurer l'ampleur réelle. Certaines dérives peuvent n'avoir aucune incidence sur le bon fonctionnement du procédé et de l'installation industrielle dans son ensemble si elles demeurent mineures. Au contraire, certaines dérives peuvent prendre rapidement de l'ampleur et devenir potentiellement très dangereuses.

**Problématique de R&D : Développer la formation par l'amélioration des outils de formation:**  
**Valorisation des évolutions technologiques pour mettre en place des outils de formation :**

- mise en place et dvt d'outils de simulation basés sur la réalité virtuelle
- mise en place et dvt d'outils de projection des dérives (pour une action donnée, association d'une conséquence donnée)

Dans ces deux cas, l'opérateur est projeté de manière virtuelle dans une situation normale ou incidentelle / accidentelle et chacune de ses actions stimule une conséquence virtuelle donnée.

Ces outils de formation, déjà bien développés et utilisés dans l'aviation et le transport ferroviaire, existent déjà mais essentiellement à l'échelle expérimentale, le coût étant encore trop élevé pour que des industriels y investissent pour la formation de leur personnel. Ainsi, un des enjeux du développement de ces outils technologiques de formation serait d'en faire baisser le coût afin d'en généraliser l'utilisation par les acteurs opérationnels.

Enfin, au-delà du coût, c'est la non-répétitivité des ateliers qui rend la réalisation de simulateurs très difficile.

## Amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

**Enjeu : mieux conduire**

**Thématique de recherche :** Conception de machines et de procédés intégrant la composante humaine (HMI- l'interaction homme-machine)

### **Problématiques de R&D :**

- **Travail sur la conception de systèmes automatisés centrés sur l'homme (Human Centred Design Automation)**

Beaucoup de systèmes technologiques sont conçus en se basant sur la technologie elle-même, même si l'objectif de tels systèmes est d'apporter un support à l'activité humaine. Ainsi, certains systèmes ne donnent priorités qu'aux issues technologiques, donnant lieu à des conceptions qui sont inutilisables ou loin d'être optimisées parce qu'elles ne prennent pas en compte les caractéristiques des utilisateurs. C'est pourquoi il faut retravailler sur la conception de systèmes centrés sur l'homme.

- **Développement de la collecte de données pour le HMI (Human - Machine Interaction) par l'intermédiaire des enquêtes d'investigation la suite à des accidents, études de terrain, retour d'expérience, entretiens / questionnaires...**

Il faut développer le retour d'expérience des systèmes développés suivant une logique particulière. Par exemple, on peut travailler sur la comparaison des systèmes HMI avec des synoptiques globaux et comportant de nombreuses informations et ceux avec des synoptiques plus simples mais multiples.

- **Capitalisation des connaissances sur l'aptitude « humaine » : standardisation, normalisation**
- **Introduction des modèles de comportements humains dans la conception de machines dans le cadre d'une meilleure interaction homme-machine**

## Amélioration de l'interaction homme-machine et des outils de contrôle

**Enjeu : mieux concevoir**

**Thématique de recherche :** Conception de systèmes de commande

### **Problématiques de R&D :**

- **Développement de systèmes d'information intégrée qui permettent à l'opérateur d'obtenir des informations sur le procédé**

Afin que l'opérateur ait accès à des informations clés sur les procédés pour mieux les surveiller, il est nécessaire de développer des systèmes de pilotage contrôle-commande qui permettent de calculer et retransmettre ces informations. D'où l'importance de développer des systèmes d'information intégrée comme SCADA.

- **Dvt de systèmes de contrôle sûrs et robustes (propriétés, architectures...)**
- **Dvt de systèmes intelligents « Smart Object »: vers la conception de systèmes de commande autoréactifs aux dérives des procédés**

A horizon 10 ans, on commencera à aller progressivement vers une automatisation des systèmes de commande, avec notamment le développement de systèmes intelligents autoréactifs aux dérives des procédés. L'homme, à travers l'opérateur, gardera toujours la possibilité de reprendre en main le système en cas de crise. Cependant, vu la réduction des capacités de réaction des opérateurs en cas de situation fortement perturbée et le danger auquel ce dernier est exposé dans pareille situation, l'automatisation se développe progressivement.

- **Dvt de la tolérance des systèmes aux dérives**

Certaines dérives sont mineures et n'ont pas de conséquence incidentelle. Il faut alors que les systèmes de contrôle remarquent ces dérives, qui sont peut-être les signes avant-coureurs d'un incident plus important à venir, mais il ne faut pas que cela entraîne un blocage et le déclenchement d'une panoplie d'alarmes vu les conséquences très limitées de cette dérive. Ainsi, le système développé doit tolérer cette dérive, tout en indiquant à l'opérateur qu'il y a eu une dérive mineure.

- **Dvt de la maintenance préventive du contrôle commande afin d'éviter les perturbations de ce système de contrôle**

Il est de plus essentiel que ces systèmes ne dérivent pas à leur tour afin que l'opérateur n'ait pas accès à des informations erronées sur les procédés et puisse continuer à faire confiance à ces systèmes d'information. Ainsi, en plus de la redondance des systèmes de contrôle, il faut développer la maintenance préventive de ces systèmes pour éviter toutes perturbations qui remettraient en cause la pertinence de toutes les dernières informations retransmises à l'opérateur.

- **Avancée technologique : comment faire évoluer l'existant ? A 5 ans, cela ne pose pas trop de problèmes - ajout de compléments. A 10 ans, rupture technologique et mise en place de technologies intégrées posant le problème du retrofiting des installations anciennes**

## **Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance**

**Enjeu : mieux prévenir**

**Thématique de recherche :** Détection des menaces par des signes avant-coureurs

**Moyens :**

Il s'agit dans cette optique de :

- o Former le personnel à détecter des signes avant-coureurs d'un acte de malveillance : incidents et anomalies qui n'ont pas de motifs acceptables ;
- o Faire remonter les informations sur ces signes à la Direction de l'établissement ;
- o Traiter tous ces incidents

**Problématique de R&D :**

**Mise en place et développement d'un système expert** pour collecter, analyser et synthétiser les signes avant-coureurs. Les systèmes experts permettent de rassembler une foule de données et d'en ressortir très rapidement une analyse. L'homme peut alors évaluer cette analyse et en tirer des conséquences et des actions. Il s'agit de systèmes d'aide à la décision puisqu'ils signalent toute anomalie aux personnes en charge de la sécurité d'un site

**Et détection des explosifs, des armes et des produits inflammables.**

## **Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance**

**Enjeu : mieux se protéger**

**Thématique de recherche** : Contrôle et gestion des accès (à l'entrée et à la sortie)

**Moyens** :

Le contrôle et la gestion des accès regroupe ce qui concerne :

- Le contrôle des personnes et des véhicules ainsi que leur flux ;
- Le contrôle permettant l'accès du site au seul personnel autorisé ;
- L'autorisation d'accéder aux installations limitée au personnel connu, habilité et formé spécialement : point particulièrement important en ce qui concerne l'accès des sites aux sous-traitants ;
- L'interdiction de l'accès à certains individus à des parties sensibles des installations. Cela pose aussi le problème de la compartimentation des installations.

**Problématique technologique de R&D** :

Développer les travaux sur la biométrie et l'ergonomie des parties du corps (visage et main, notamment iris et empreintes digitales). La biométrie s'appuie sur la prise en compte d'éléments physiologiques ou comportementaux uniques et propres à chacun d'entre nous. Les différents systèmes biométriques sont performants, il s'agit donc surtout de tenir compte de l'environnement de leur usage (facilité de saisie, d'analyse, de stockage, de vérification). L'identification par l'iris utilise plus de paramètres que de nombreuses méthodes d'identification et la fiabilité résultante est suffisante pour ne plus faire de l'identification mais de l'authentification : en effet, la probabilité de trouver 2 iris suffisamment identiques est (selon les estimations de Daugmann et de British Telecom), inférieure à l'inverse du nombre d'humains qui ont vécu sur terre. Quant à l'analyse des mains, elle donne lieu à un certain nombre d'incertitudes (modifications de la forme de la main liées au vieillissement et taux de fausses acceptation élevés pour des jumeaux ou d'autres membres de la même famille). Enfin, l'analyse des empreintes est très fiable même si deux fichiers "*signature*" calculées à partir de la même empreinte ne donneront jamais 100 % de ressemblance du fait des différences qui existent lors de l'acquisition de deux images (petites déformations ou déplacements), ils donneront cependant toujours un niveau élevé de similitude.

## **Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance**

**Enjeu : mieux se protéger**

**Thématique de recherche :** Détection des intrusions physiques et autres

**Moyens :**

- Instrumentation à la périphérie pour la protection de tous les liens d'un site industriel avec l'extérieur (conduites d'eau, câbles d'alimentation électrique, câbles téléphone...).
- Détection des intrusions par voie aérienne (par ULM, drones, hélicoptère ou parachute). Ce type de détection n'existe pas aujourd'hui

**Problématiques technologiques de R&D :**

- Développement des systèmes de détection par voie aérienne et des systèmes/parades de défense à mettre en œuvre en cas d'intrusion par cette voie
- Développement des systèmes avec caméras sensors qui traitent les images afin de signaler aux personnes en charge de la sécurité toutes anomalies qui auraient pu leur échapper. L'optoélectronique est ainsi un champ d'investigation à creuser.
- Développer une approche ergonomique pour la conception des salles de surveillance des sites industriels (voir ce qui se fait dans les casinos)

## **Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance**

**Enjeu : mieux se protéger**

**Thématique de recherche :** Surveillance des individus à l'intérieur du site

**Moyens :**

- Analyse comportementale des individus
- Suivi de la circulation interne dans un établissement afin de savoir, en cas d'accident, qui était sur le site et à quel endroit.
- Etendre ce dispositif de surveillance à un périmètre de sécurité

**Problématique technologique de R&D :**

- Développement des logiciels d'analyse des images provenant de la vidéo surveillance d'un site pour repérer les individus présentant des comportements anormaux
- Développement des systèmes de géopositionnement des individus dans un site, par GSM-GPS par exemple

## Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance

Enjeu : mieux traiter les agressions

Thématique de recherche : Traitement des agressions en cas d'échecs des mesures préventives

Problématique technologique de R&D :

Mise en place de systèmes technologiques qui servent à retarder, à bloquer et à rendre inoffensifs les agresseurs jusqu'à leur arrestation.

## Amélioration de la sûreté des installations industrielles face aux actes de malveillance

**Enjeu :** mieux traiter les agressions

**Thématique de recherche :** Protection contre les agressions armées type roquette

**Moyen :**

Mise en place de filets pour une pré-explosion de la roquette avant qu'elle n'atteigne sa cible

**Problématique technologique de R&D :**

Développement de barrières et d'obstacles physiques qui amortissent les projectiles et explosions