

COMMUNICATION – GRAND ATELIER MCX – LILLE 2003
LA FORMATION AU DEFI DE LA COMPLEXITE

« Formation à la conception de systèmes sûrs pour l'exploration de milieux extrêmes »

Stéphane GRES & Jean-François GUYONNET, Laboratoire UTC-TSH COSTECH
Université de Technologie de Compiègne.

s.gres@magic.fr

jean-francois.Guyonnet@utc.fr

Résumé

Notre communication atelier a pour objet, une approche particulière de la formation à la complexité. Elle est extraite de l'expérience d'un enseignement de troisième cycle. Cet enseignement vise à favoriser la conception sûre de système et d'organisation à risques élevés, incontournables et difficiles à maîtriser. Notre enjeu se centre sur le processus d'apprentissage mis en jeu lors de l'étape de conception de système et d'organisation dont le projet est la conquête de milieux extrêmes et peu connus comme c'est le cas d'un système complexe d'exploration spatiale (haut degré de risques technologiques). Dans ce contexte la notion de projet d'acteurs est opérante comme référence au centre de la conception de système technique au service de l'Homme. Le système d'acteurs-concepteurs dans le cadre de son objectif de conception de systèmes sûrs prend en compte à la fois les sources et les modalités de propagation d'un accident possible conduisant à la mort du système (celui-ci se conjuguant sous trois aspects SA (Système d'Acteurs), ST (Système Technique), SI (Système d'Information)). Le système d'acteurs prend aussi en compte l'aménagement d'un espace supplémentaire de vie le plus ouvert possible sur l'environnement (accroissement de l'autonomie et de l'identité) en plus de l'espace de survie déjà prévu. La nature de la formation théorique, puis de la mise en pratique lors de travaux dirigés, repose avant tout sur la compréhension, l'ambition et l'actualisation du potentiel de l'être Humain libre et conscient dans ses pensées et ses actes. Ce qu'il met en œuvre au service de son projet peut être représenté sur trois dimensions essentielles : son désir, la technique (comme moyen d'agir sur l'environnement physique) et son émotion.

1. Sécurité, communication et éthique de la conception

La formation dispensée dans le cadre de l'enseignement à la recherche en sécurité et conception à l'Université de Technologie de Compiègne vise à mettre l'apprenant dans une dynamique qui le sensibilise à la source du désastre potentiel que porte en lui tout système technologique (limite des connaissances agrégées par un système d'acteurs dans un objet ou un système) [1]. Les fondements éthiques sous-jacents qui guident cette conception proposent à l'acteur de s'éveiller à un monde où l'Homme est conscient des dangers potentiels d'une création Humaine, afin d'accroître la vigilance nécessaire face à la complexité à la fois interne et externe d'un système vu comme un organisme éco-intégré à l'environnement. Le système technologique, bien que créé par l'Homme a bien une origine et une fin et s'inscrit dans une logique socio-technique, un environnement écologique, ainsi qu'un espace/temps situé. Plus précisément, la dynamique, qui s'opère au travers des processus de communication permettant son élaboration (au sens large, c'est à dire les relations à l'origine desquelles se développent l'identité du système socio-technique : Relation Homme-Homme, Homme-machine, relation Machine-machine), doit être selon nous appréhendée avec des outils de pensée qui vont permettre une anticipation pro-active face aux événements redoutés à la bordure de notre ignorance et de nos connaissances actualisées. Plus particulièrement dans le contexte de l'exploration de milieux extrêmes (spatial, nucléaire, etc...), la problématique est de rendre le système pérenne et sûr pour ses utilisateurs et l'environnement connu. Ceci nécessite une succession de passages accélérés et renouvelés vers un accroissement de conscience qui s'articule sur trois transitions cycliques naissance/mort/renaissance ou finalement se joue le processus de construction d'une identité technologique ainsi que le processus vital d'individuation et d'expérience (Homme et Système reflet de l'état des connaissances Humaines). Dès lors la sécurité se pose comme comportant à la fois une dimension éthique (interne) et une externalisation de cette pensée qui prend bien en considération la dynamique d'élargissement de la conscience et d'une identité d'un projet de système Humanisé. Ce projet Humanisé en compréhension et en extension se co-développe avec la technologie.

Au niveau Humain, la perception guide (avec l'intention) l'appréhension instinctive, intuitive puis rationnelle du danger de l'interruption du fonctionnement du système conçu ; avec pour l'homme, une vigilance à entretenir pour rester en vie (en esprit et en corps). Ce projet d'appréhender la complexité de la sécurité Humaine et technique dès la conception passe au travers de la « *perception/mesure* » puis de la compréhension de la dimension relationnelle, que celle-ci soit floue (Relation Homme-Homme) à précise (Relation Machine-Machine), cette mesure est appréhendable (pensable ?) dans l'enveloppe des interrelations formant l'identité du système (Relation Homme-Homme, Homme-Système, Machine-Machine) au sein d'une structure interface virtuelle avec l'environnement perceptible, perçu, puis reconnu (et non-reconnu). Cet ensemble de différences mesurées sera suivi d'un processus qui va permettre une meilleure compréhension du danger et de son orientation. Pour concourir à bien évaluer la consistance et l'intégrité du système technologique, la dimension de la communication est passée au tamis de la mesure et d'une lecture orientée en fonction de la phase du cycle de vie dans laquelle il se trouve. L'évaluation au sens construction d'un sens partagé et évalué individuellement et collectivement [2] devra être correctement posée c'est à dire construite au bon niveau (type de relations, type de réseaux) et ce avec les outils adéquats. Ce qui est au cœur de la démarche, c'est l'émergence du sens en « commun » et la compréhension des liens et des interrelations : Physiquement, mathématiquement, politiquement. Attendu que la prévention et la protection des accidents est un enjeu de la vie et de la survie de la vie (définie comme phénomène ayant : Une Finalité, une structure, une activité et une évolution dans un milieu donné) ce qu'il faut gérer, c'est la conscience de la limite des connaissances entre le chaos et l'ordre, c'est à dire fondamentalement, bien approcher la bordure de notre ignorance en terme de compréhension des liens Homme, Système, Environnement.

Dans le cadre de la formation à la sécurité dès la conception, l'enjeu est de bien comprendre et maîtriser, à la fois comment s'élabore l'objet ou le système technologique résultat de l'interaction orchestrée d'un groupe d'acteurs [3], mais aussi comment s'opère la dynamique de naissance/achèvement potentielle

du système conçu. Le processus de compréhension mis en jeu lors de la formation comporte plusieurs aspects :

- La compréhension explicite des logiques disciplinaires et professionnelles qui président à la conception du système et leurs articulations,
- La perception des sources d'accidents encadrées dans différents référentiels,
- Les configurations dangereuses s'enracinant dans la représentation et les précautions à prendre pour faire face à des accidents relativement prévisibles,
- une facilitation de l'autonomisation et de l'individuation des composants aussi bien Humain que technique,
- un dispositif qui tient compte des dimensions perceptives, affectives et conceptuelles pour agréger et mémoriser dans les meilleures conditions possibles les expériences dans leurs contextes.

Selon notre perspective de l'activité de conception, il s'agit d'aménager des conditions favorables à la formation d'une identité et d'une intégrité forte (Système d'acteurs (SA), Système technique (ST), Système d'Information (SI)). Nous considérons qu'un système technique pour être éco-finalisé doit pouvoir s'appuyer avec succès sur l'articulation de perspectives différentes [4].

2. Les racines de la formation à la complexité en conception

Le projet clé de la sécurité est d'accompagner au mieux la construction d'un système en prenant conscience de l'importance d'articuler des perspectives différentes autour d'une série d'invariants et d'un processus permettant le passage progressif à l'existence du système (construction de son identité). Dans cette optique, la création de sens et la dynamique du processus de communication appuyé sur une suite de définitions interdépendantes constitue une façon d'accompagner progressivement la naissance, le développement et la disparition du système dans son environnement (imaginé, simulé, validé). L'aspect relationnel et identitaire est approché puis consolidé à l'aide d'un espace de définitions progressivement élaboré et négocié collectivement dans un processus continu. Celui-ci permet de bien poser culturellement les fondements du système, de trouver les méthodes ad-hoc en fonction de la (des) configuration(s) de problématique identifiée(s) pour aménager des espaces d'anticipations, de corrections et de gestion des situations potentiellement dangereuse pour la survie de la vie.

2.1. Approche des « invariants » de la sécurité

L'étape construction de définition vise à comprendre les sources à l'origine du système, dans une mise en jeu de la problématique danger/sécurité (par exemple, le processus qui crée de l'énergie chimique porte un danger spécifique et les sécurités adéquates). La création de sens repose sur un espace de définition multidimensionnel progressivement construit.

En premier lieu, une description chronologique d'un modèle référence de l'accident qui décrit au sein (de la structure) du système, la propagation d'événements conduisant à la cessation de la vie ou de son fonctionnement. Puis un premier travail de terminologie sur la base de la définition des termes de base suivants : Système, Sécurité, Défaillance, Danger, Risque, Accident. Celui-ci permet d'accéder aux invariants de la sécurité à l'aide d'une suite de définitions récursives. Ce processus permet une approche de l'identité et une matérialisation progressive de la structure générique de la problématique de la sécurité actuelle. Cette création de sens est aujourd'hui une nécessité en raison de la spécialisation croissante et foisonnante des connaissances Humaine et Technique. Elle permet d'approcher une réalité partagée et mise ensemble par les impliqués dès la conception. L'on recherche un vocabulaire précis, organisé, apte à entretenir une image fidèle de la réalité et à soutenir l'action.

De ce travail, se dégage un mode de raisonnement pour représenter, interpréter et expliquer les lois phénoménologiques propres aux dangers des systèmes. Cette phase est également une trame pour démontrer, prouver que l'utilisation du système offre toutes les garanties nécessaires et suffisantes par

rapport aux risques identifiés d'accidents que celui-ci implique en cas de défaillance (de l'utilisateur compris). Cette connaissance prend aussi en considération les risques admissibles par l'environnement.

Le travail de terminologie est effectué en langage naturel bien qu'il puisse être soutenu par des représentations, par exemple des modèles mathématiques visualisés en 3 dimensions par les équipes de conception intégrée. Une façon de bien préciser et d'objectiver les définitions consiste à en construire une représentation symbolique dans une perspective ensembliste. Un premier outil spécifique simple a été développé. A cet effet, il pose et décrit les positionnements relatifs des groupes suivants (S, E, H, d, s) ce qui permet de récapituler la place de l'Homme dans le système. Une série de symboles permet de bien distinguer l'origine et le déploiement du danger et de s'approcher d'une compréhension rationnelle à l'œuvre dans la nature pluridisciplinaire et interprofessionnelle de la sécurité.

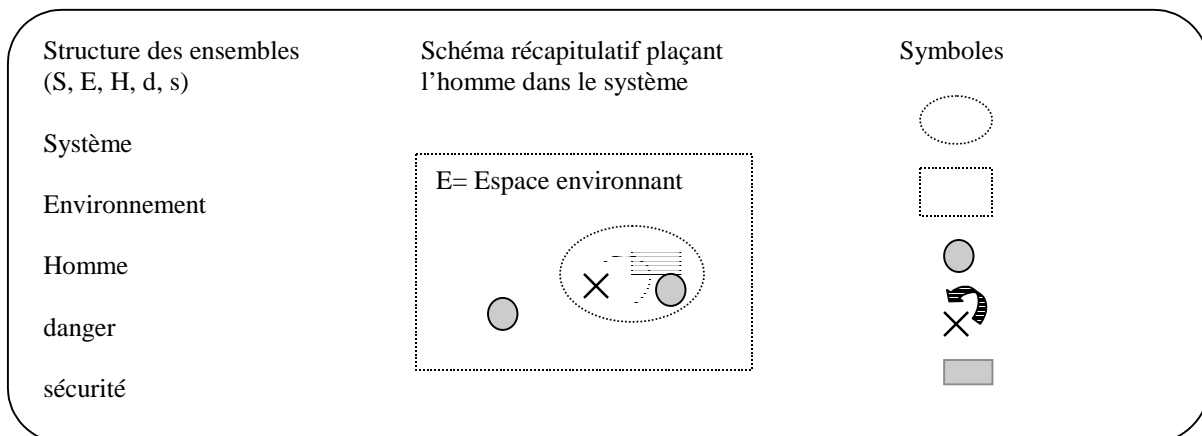


Schéma n°1

2.2. Approche de l'identité d'un système

Au niveau pratique, la formation à la conception de système sûr s'effectue selon un parcours en trois grandes étapes. Cet exercice d'application vise à progressivement décrire l'identité du système imaginé par le(s) concepteur(s) dans son environnement.

1. Construction des définitions

Cette étape permet de fonder un degré d'objectivité et de certitude pour cadrer le projet de l'acteur et de son système (but intermédiaire et périphérique).

2. Faire le lien entre la problématique et son processus de résolution

Dans cette étape, une fois la problématique du système bien fondée, il s'agit de déterminer les méthodes adaptées au système conçu et particulièrement sous l'angle des failles logiques pressenties.

3. Cartographie des dangers

Cette étape permet de replacer les éléments de façon organisée dans une cartographie des dangers (et de la sûreté) pour mieux prévenir, expliquer et parer les risques potentiels du système.

2.2.1. Les définitions

Le travail de précision de l'identité du système se construit en rendant compte de ses propriétés, de ses qualités et de sa complexité à l'aide d'une suite de définitions interdépendantes. On en dénombre 27 qui peuvent être réparties en 6 classes différentes (dont certaines sont répétées) :

1. *Définitions globales et communes*

Ces définitions sont simples et permettent de clarifier l'étude du système en nature et en niveau de référence nécessaire. [P R S A]

Projet

Recherche

Système

Acteurs

2. *Définitions systémiques du système*

Ces définitions s'articulent autour de 5 pôles de fédérations des connaissances du système, elles permettent aussi de comprendre les ignorances reconnues et les connaissances partagées par le groupe de conception. [S= F S A E E]

Structure – **A**ctivité – **E**volution - **E**nvironnement

3. *Définition de la recherche*

Le troisième groupe de définition éclaire la question que l'on se pose et son cadre. Ce questionnement déclenche un travail à faire qui passe par un problème, une méthode et une solution. Le troisième groupe est constitutif d'une discipline. [R = (P) (M) (S)]

Problème

Méthode

Solution

4. *Définitions globales pour la sécurité*

Le quatrième groupe permet de faire émerger la définition de la sécurité (sous-projet du système) en tant que limite entre les connaissances et les ignorances sur le système conçu. [S = (Dg, U, R, Pv, Pt)]

Danger

Sûreté

Risque

Prévention

Protection

5. *Définitions orientées et spécifiques de la sécurité*

Le groupe vise à dépasser les contradictions des définitions précédentes en mettant à nu leur inter – dépendances. [S = (S, D ,R , S, D,A)]

Système

Danger

Risque

Sécurité

Défaillance

Accident

6. *Définitions structurées et imagées*

Ce groupe prolonge et consolide une représentation « Structure des ensembles » (voir Schéma n°1) organisée du système sous l'angle de vue de ses dangers et compensations. [S, E, H, D, S]

Système

Environnement

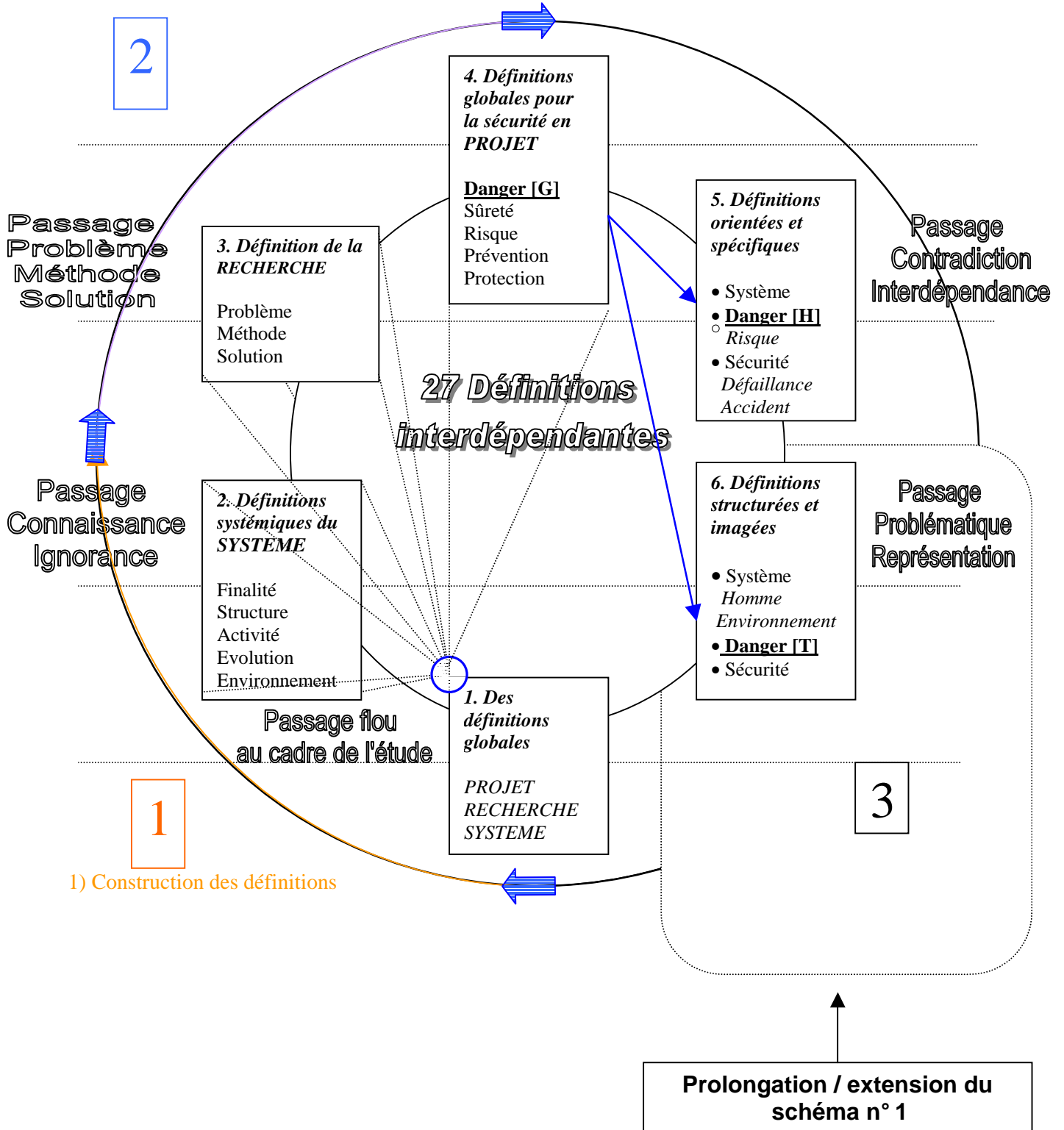
Homme

Danger

Sécurité

2) Faire le lien entre la
Problématique et son mode
De résolution

Passage ignorance sécurité



[Schéma n°2 \(voir 2.2.1/2.2.2\)](#)

2.2.2. Explication des articulations des classes de définitions

La classe 1 (définitions globales) « zoome » sur des suppléments de connaissance concernant :

- Le système avec les 5 définitions systémiques (Classe 2 - Définition systémique du système)
- La recherche avec les 3 définitions de la pédagogie scientifique (Classe 3 – Définition de la recherche)
- Le projet avec 3 + 2 définitions exploratoires des domaines à privilégier et à approfondir pour la sécurité (Classe 4 – Définitions globales pour la sécurité en projet)

La classe 4 - Définitions globales pour la sécurité en projet, est projeté dans deux représentations interdépendantes pour une part commune avec « Système-Danger-Sécurité » et pour une part distincte avec « Risque-Défaillance-Accident » pour un premier point de vue et « Homme-Environnement » pour le second point de vue.

Le danger est défini trois fois :

- Du point de vue « Génétique » (Classe 4)
- Du point de vue « Historique » (Classe 5)
- Du point de vue « Topologique » (Classe 6)

Ce travail de définition aboutit à la forme cartographiée de saisie des dangers entrevus dès la conception et désignés (pointés) selon différents référentiels extrait de l'état de l'art en sécurité.

Axes horizontaux (en complexité croissantes, de gauche à droite)

- Composants – Sous-systèmes – Systèmes
- Produits – Processus – Procédés
- Réactifs – Réactions – Réacteurs

Axes verticaux (en puissance d'influences croissantes de bas en haut)

- Défaut – Défaillance – Accident
- Cause – Mode – Effet
- Evénements initiateurs – Evénements frontières – Evénements redoutés

Les six classes de définitions représentent six types de passages synonymes de changement radical, d'évolutions, de progrès dans la connaissance de la sécurité, au fil des cycles des « usages » et des « vies ».

3. Le processus d'apprentissage et l'orientation vers un système « ouvert »

Dans le cadre de la conception d'un système complexe qui va intervenir en milieu extrême (spatial, nucléaire, etc...) l'environnement tient une part essentielle étant donné qu'il s'oppose ou s'éloigne des conditions favorables à la vie. La compensation par une volonté, un savoir, une action médiée par un système artificiel complexe porte un ensemble d'exigences (de coopération) très fortes. L'idée de « Cocoon » au sens environnement artificiel permettant la survie de la vie, voire son expansion nécessite donc un processus méthodique qui développe, entretient une identité Humaine (naissance, développement, achèvement) forte autour d'un sens partagé par les acteurs. Cette co-construction du sens nécessaire est un des enjeux clés avec pour corollaire, la dynamique du processus d'apprentissage mis en jeu par et avec les acteurs.

Dans cette voie, le projet d'acteur (systèmes d'acteurs) s'oriente vers un système dit « ouvert », c'est à dire un système qui comporte l'aptitude à s'auto-transformer lui-même, plus pratiquement une conception qui s'appuie sur l'autonomie et la fécondité d'un échange entre le sujet et les objets qu'il construit. Il s'agit de décrire et de faire progressivement parvenir à l'existence l'identité du système dans son environnement pour lui donner des aptitudes du type sûreté et pérennité dans une éco-finalité

s'épanouissant dans le principe et les limites du vivant régulé. L'énergie qui engendre ce processus est l'atteinte perceptible d'un résultat espéré dans la différence (perçu comme une qualité enrichissante). Le cœur du processus est bien un débat fécond autour de la relation Homme-Système-Environnement avec pour résultat la création inter-subjective de sens et d'une réalité Humaine partagée. D'une vision par spécialité de la connaissance, l'on passe à des pratiques de médiation qui catalysent une mise en relation entre une problématique et un champ logique donné. Le champ logique peut être défini comme une orientation de raisonnement sur le monde qui s'attache à comprendre la causalité à l'œuvre par exemple en sécurité (voir groupe de définition n°6), ou la coïncidence (logique du ET).

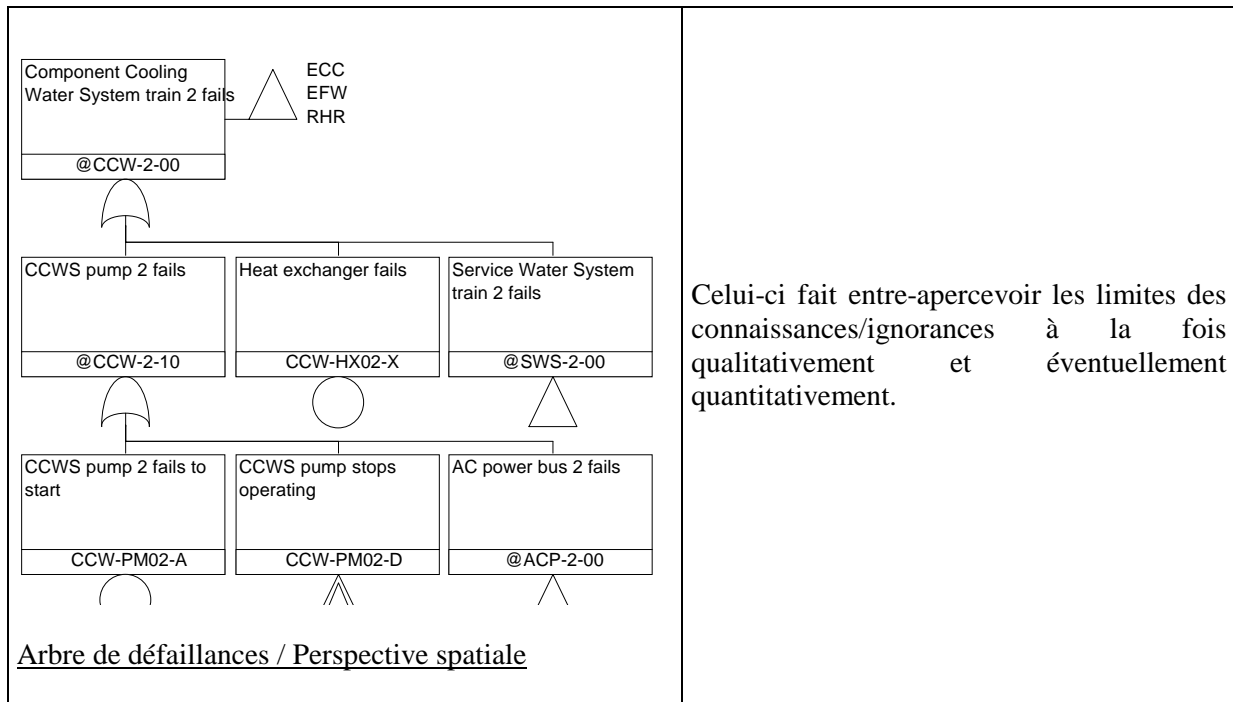
4. La démarche et son instrumentalisation en méthode simplifiée

Le processus de la démarche commence par la création de sens pour le groupe d'acteurs concepteurs. Implicitement, le processus facilite la matérialisation progressive d'une image du projet avec un objectif d'objectivité et de certitude pour bien cadrer le(s) projet(s) d'acteur(s) et de système technique. Dans un deuxième temps, les concepteurs mettent à jour de façon toujours explicite le processus fondant la problématique de la sécurité (à partir des invariants du système) ainsi que les méthodes argumentées dans le cadre de précision évalué et adéquat [5]. Pour élaborer un réel questionnement sur les limites atteignables par les méthodes potentiellement utilisables, nous mettons bien en exergue les apports, mais aussi les risques d'une modélisation, en tant qu'elle est nécessaire pour comprendre une « partie » de la réalité du système dans son environnement, mais pouvant aussi simultanément limiter l'évolution et la remise en question d'une vision du monde (Accès à une Métalogique d'ordre « supérieur »).

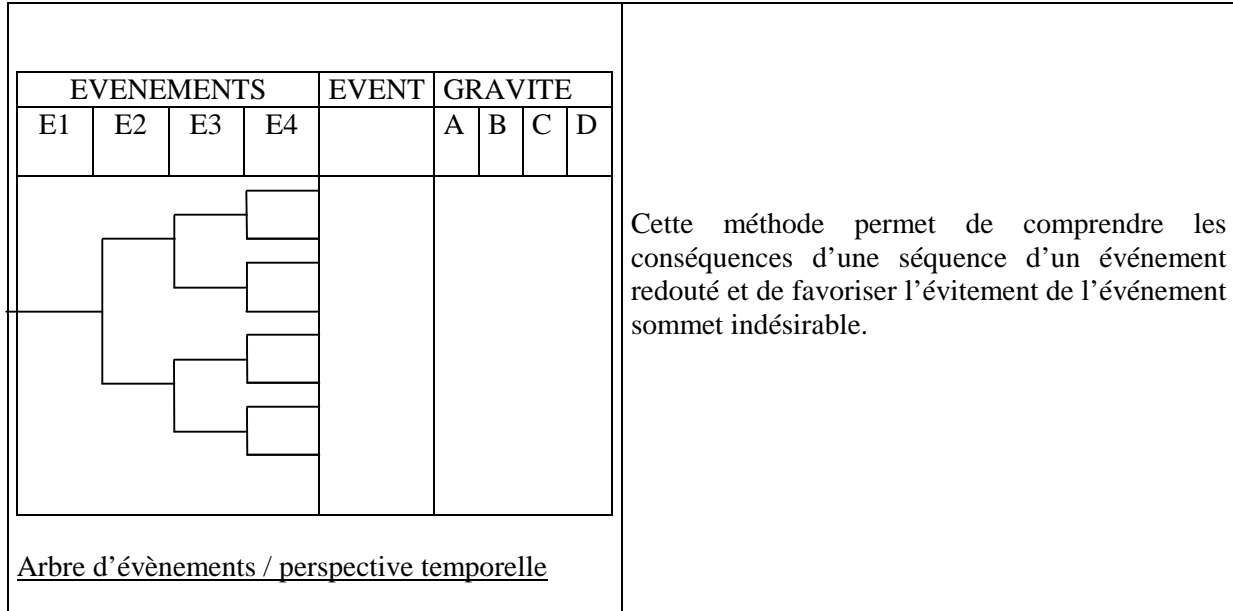
Cette approche va permettre de mettre à jour et de poser les éléments dans une perspective plus large organisée selon différents points de vues et perspectives. Ce travail pourra satisfaire aux exigences du projet de la sécurité, c'est à dire prévenir, expliquer les dangers potentiels du système construit pour les prévenir conceptuellement ou matériellement en amont de sa construction. Une façon de consolider progressivement la conception sûre du système est de la démontrer de façon méthodique au travers de la mise en évidence d'équilibres durables et partagés (Danger, Sécurité, Risques) et des moyens de faire durer cet équilibre dans le monde matériel (Fiabilité, Maintenance, Disponibilité). Les passages sont alors vitaux puisqu'ils sont le lieu où se déploie la maîtrise du savoir, du vouloir, et de l'agir que l'on peut résumer par méthode(s) à trouver face au problème posé et à la solution pressentie. C'est aussi là que se joue la qualité du processus de conception.

Dans cette partie délicate de chercher, puis de trouver une méthode adéquate pour résoudre la problématique spécifique de la sécurité d'un système complexe, deux vues méthodologiques extrêmes peuvent constituer un encadrement efficace pour comprendre :

4.1. Les failles logiques du système



4.2. Les chemins temporels critiques se déployant à partir du système (événement sommet indésirable)



Cette approche simplifiée permet d'approcher d'autres clés pour fiabiliser le système conçu, par exemple :

- Sa structure (l'activité, la durée)
- Les états (nominal, dangereux,) dans une perspective discrète
- La disponibilité du système en continu
- Ses modes critiques
- Son évolution (planification à priori, évaluation, les étapes)

Les méthodes ont en commun d'assurer des passages logiques entre les niveaux physique, technique et Humain du système ainsi qu'une visualisation en commun d'une connaissance expérimentée et stabilisée (modélisée) dans un ou des champs de connaissances actualisés. Le trait commun entre des problèmes correctement cadrés est de :

- Cerner l'équilibre et le contre-pouvoir entre Danger et Sécurité
- Tracer une bonne connaissance des risques choisis, reconnus et acceptés ou refusés, c'est à dire par exemple le refus de situations de type « loterie ».
- D'amener progressivement l'acteur à voir le problème dans un cadre et lui permettre d'aménager l'espace de replis pour éviter le connu inacceptable Humainement au niveau individuel et collectif.

La mise en résonance d'un problème et de la méthode ad-hoc permet de bien discerner l'action opérante dans le monde « extérieur » en phase avec l'action située adéquate ainsi que l'information pertinente (3 dimensions) qui la soutient dans un champ de connaissance stable.

5. Perspectives, des limites à une méta-logique de la conception

Les deux modes de représentation et leurs méthodes associées permettent d'entre apercevoir en filigrane, les limites des « logiques » présidant au mode de conception de la naissance et de la dissolution d'un système complexe (logique à tendance binaire et causalité newtonienne) [6]. Elles suggèrent aussi la modification et complexification de la structure logique qui sous-tend la conception, vers un cheminement qui relie au projet de système les projets d'acteurs et leurs articulations dans un cadre logique d'ordre éthique « supérieur » dit « méta », basé sur la finalité de la survie de la vie.

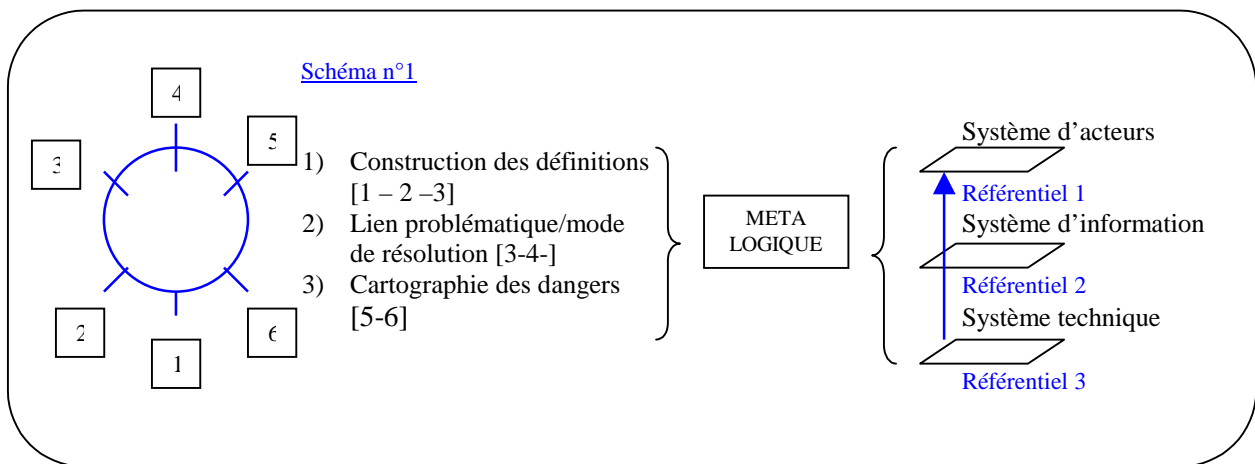


Schéma n°3

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cours de DEA de l'UTC, sécurité, fiabilité et risques industriels, *notes pour la recherche et la conception* – 2002-2003 – Jean-François Guyonnet.
- [2] Gilles Le Cardinal (1989). *Modèle de la communication interpersonnelle finalisée*, Thèse
- [3] Le Cardinal G., Guyonnet J.F., Pouzouillic B. (1997). *La dynamique de la confiance*, Editions Dunod
- [4] Grès S. (2002). *Approche pour la conception de systèmes complexes*, Les Techniques de l'ingénieur
- [5] J.P. Jeannette et N. Limnios (1985). *Méthodes actuelles d'analyse de la sûreté des systèmes*, note de l'Unité de Valeur de génie des procédés et sécurité de l'UTC.
- [6] S.Grès et Christine Hardy (2003). *Anticipation, Human versus Machine*, CHAOS, Liège
- [X] Andreewsky E. (1991). *Systémique et Cognition*, Edition DUNOD - Coll. AFCET Système, Paris
- [X] Balantzian G. (2002). *Les systèmes d'information – Art et pratiques*, Editions d'organisation
- [X] Barsotti B. (2001). *La représentation dans la philosophie contemporaine*, Ellipses collection Philo
- [X] Bourrier M. (1999). *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*, Coll. Le Travail Humain, Paris, Presses Universitaires de France.
- [X] Delorme A. (1982). *Psychologie de la perception*, Edition Etudes Vivantes, Montréal
- [X] Hardy C. (2001). Self-organization, self-reference and inter-influences in Multilevel Webs: Beyond causality and determinism. *Journal of Cybernetics and Human Knowing*. UK: Imprint Academic. Vol.8, no.3.