ACTIVITE HUMAINE ET CONCEPTION : UTILISATION DES ANALYSES PAR ARBRES LOGIQUES COMME AIDE A LA DECISION

HUMAN ACTIVITY AND DESIGN : USE OF ANALYSIS BY LOGICAL TREES AS A DECISION AID

Didelot Armelle
Laboratoire de Recherche en Génie
des Systèmes Industriels
8, rue Bastien Lepage BP 647
54 010 Nancy Cedex
Armelle.Didelot@ensgsi.inpl-nancy.fr

Fadier Elie
Institut National de Recherche et Sécurité
Avenue de Bourgogne B.P. n°27
54501 VANDOEUVRE CEDEX
Fadier@inrs.fr

Summary

Analysis of work situations, in the frame of production systems, reveals the essential role of operators as "regulators" of the system operation. Faced with those different unknown factors and/or dysfunctions which disrupt the normal operation of the system (i.e. foreseen by the designer), operators nevertheless have the responsibility to assume an acceptable level of availability and a relatively high rate of work to fulfil the target set by the management (productivity, quality).
These situations show in reality a difference between the operation foreseen by designer and the real operation (operational). This difference results in particular from the fact that the place of operators is often badly defined in the production system.
These migrations of operation, not known and not covered by the design, have forced the operators to develop some palliative activities. Even if these activities are beneficial for the production, they however imply a risk, because they generally exceed the prescribed framework (non respect of procedures, neutralization of safety system).
The origin of these activities is linked to the fact that design methods do not currently allow (or with difficulties) to identify, to anticipate and to control these situations resulting from a degraded operation, i.e. the real requirements of work.
To solve this problem, we have developed a tool (logical trees) which allow firstly the designer to understand these situations called Limit Activities tolerated by Usage (LAU). Secondly, using logical trees, the designer has all information concerning the LAU generation. Thus, he may act on the precursors in order to eliminate or control the LAU.

Introduction

L'analyse des situations de travail, dans le cadre des systèmes de production, met en évidence le rôle indispensable des opérateurs en tant que "régulateurs" du fonctionnement quotidien des systèmes. En effet, face aux différents aléas et/ou dysfonctionnements qui viennent perturber le fonctionnement normal du système (c'est à dire celui prévu par le concepteur), les opérateurs ont la responsabilité d'assurer néanmoins un certain niveau de disponibilité et une cadence de travail relativement élevée pour répondre aux objectifs fixés (productivité, qualité).
Ces situations traduisent en réalité un écart entre le fonctionnement prévu par la conception et le fonctionnement réel (opérationnel) [1]. Cet écart résulte notamment du fait que la place de l'Homme au sein des systèmes de production est souvent mal définie.
Ces dérives de fonctionnement (telles que Rasmussen [2] les définit) non connues et non couvertes par la conception, contraignent les opérateurs à développer des activités palliatives qui, si elles sont bénéfiques du point de vue de la production, impliquent cependant un risque, car elles s'accompagnent généralement d'un dépassement du cadre prescrit (non respect des procédures, neutralisation de sécurité…).

L'origine de ces activités réside essentiellement dans le fait que les méthodes de conception actuelles ne permettent pas (ou difficilement) d'identifier, de prévoir et de maîtriser ces situations induites par un fonctionnement dégradé, c'est à dire les exigences réelles du travail. En effet, les concepteurs ne disposent pas de méthodes et de modèles qui permettent à la fois d'anticiper et d'extrapoler ces activités tout en étant suffisamment efficace; et sans nécessairement mettre en oeuvre des moyens techniques, financiers, humains trop importants et dissuasifs.

Dans ce cadre, une analyse opérationnelle menée sur des rotatives d'imprimerie a permis de mettre en évidence des activités à risque spécifiques appelées **Activités Limites tolérées à l'Usage (ALU)**. Cette analyse a été réalisée en mettant en oeuvre la méthodologie MAFERGO qui présente la particularité d'englober simultanément les aspects humains et techniques en combinant une approche ergonomique à une approche fiabiliste [3].

Celle analyse opérationnelle a notamment permis de montrer que les solutions de sécurité généralement plaquées sur les éléments techniques à risques, en fin de conception, constituent une gêne pour l'activité et sont, par conséquent généralement neutralisées. Cette neutralisation a alors pour effet d'accentuer les conséquences en cas d'échec de l'activité.

L'objectif de cette analyse consiste donc à pouvoir donner au concepteur (partenaire industriel du projet) des éléments lui permettant de prendre en compte ces situations dans le processus de conception. Pour cela, notre analyse a consisté d'une part, à rechercher les facteurs et/ou circonstances qui ont initié ces ALU et d'autre part, à identifier les éléments qui assurent la réussite de l'ALU ou ceux qui conduisent à son échec.
Notre volonté est de rendre ces situations "lisibles" pour le concepteur qui dans l'état actuel de ses connaissances n'en soupçonne pas l'existence ou en sous-estime l'ampleur.
Nous avons pour cela procédé à une modélisation de l'échec des ALU sous la forme d'arbres logiques. Ces arbres logiques devraient constituer un bon outil d'échange avec le concepteur.

Définition des concepts

Les Activités Limites tolérées à l'Usage (ALU)

Les analyses menées chez les utilisateurs de rotatives ont permis de mettre en évidence le rôle important des opérateurs pour maintenir les performances du système et de définir le concept d'ALU.
Ces activités limites comportent un risque à la fois pour les opérateurs (sécurité/santé) et pour le système (fiabilité technique, performances). En réalité, même si ces ALU sont généralement orientées vers une amélioration de la performance intrinsèque du système, elles fragilisent le niveau de sécurité du fait d'un franchissement de barrières [4], il n'est donc pas exclus que ces activités échouent provoquant alors un incident ou un accident.

De plus, la majorité de ces activités devient habituelle au fur et à mesure de l'utilisation du système, elles sont alors considérées comme normales par l'organisation utilisatrice. Elles sont tolérées à la fois par les opérateurs qui adaptent leur tâche en fonction des contraintes opérationnelles et par l'encadrement.
Ces ALU sont le résultat d'un compromis face à des dérives de fonctionnement. Elles sont construites et adaptées par l'organisation utilisatrice d'un système au cours du temps (évolution du système avec son environnement). Elles sont, de ce fait, des réponses opérationnelles :

- à des solutions techniques fonctionnelles et/ou de sécurité inadaptées et/ou gênantes à l'usage quotidien du système.
- à des écarts émergeant entre une conception d'un système standard et son adaptation accompagnée par le concepteur pour un utilisateur donné,
- à des contraintes de production.

Ces activités sont réalisées par un et/ou plusieurs opérateurs et renvoient à des modes de gestion de la situation actuelle [5].
Ces activités impliquent donc une prise de risque consciente qui est, d'après nos observations, contrée par une construction positive d'un espace opérationnel de sécurité à l'intérieur duquel l'opérateur ou le collectif de travail considère qu'il est protégé.

Deux grands types d'ALU peuvent être distingués :

- Les ALU **opérationnelles** correspondent à des activités menées par les opérateurs dans le but de faire face aux contraintes de la situation, créant alors des environnements fragiles au niveau de la sécurité [2].
  Ce type d'ALU correspond à une réponse opérationnelle de la part d'un ou plusieurs opérateurs en situation de travail. L'opérateur (ou le collectif) est autonome pour décider de l'action à mener pour éviter un arrêt de la production ou diminuer le temps d'arrêt, c'est à dire limiter les pertes.
- Les ALU **managériales** proviennent quant à elles d'une décision de l'encadrement, en vue d'une limitation des dépenses. Elles sont indépendantes de la dynamique de fonctionnement (contrairement aux ALU opérationnelles), mais se répercutent sur celle-ci.

Les Conditions Limites tolérées par l'Usage (CLU)

L'analyse et la caractérisation des ALU nous permet d'identifier parmi leurs causes initiatrices, celles plus spécifiques qui correspondent aux CLU.
Les CLU résultent de la conjonction d'un ensemble de **facteurs** matériels (dispositifs de sécurité, escaliers,…) et/ou immatériels (accidents antérieurs, fatigues,…) et de **circonstances instanciées** (retard de production, manque d'effectif,…) [6]. L'émergence simultanée ou non de ces éléments favorise la migration du système vers des zones dans lesquelles l'incertitude liée à la sécurité est grandissante.
Deux types de CLU ont été distinguées. Leur émergence n'étant pas de même origine, les leviers d'action ne sont plus de même nature et ne concernent pas les mêmes acteurs :

- les CLU externes dont l'origine vient de la conception,
- les CLU internes qui émergent en cours d'exploitation.

Ces CLU résultent d'un écart entre ce qui est prévu et ce qui est observé. Quatre types d'écarts ont été identifiés, mettant en évidence quatre leviers d'actions possibles pour la conception :

- Ecarts entre modèle conçu et modèle implanté : Solution technique finale non optimale/dégradée par rapport à la solution initiale.
- Ecarts entre solutions techniques et exigences du travail : Solutions techniques initiales non compatibles avec les exigences de l'activité
- Ecarts entre solution de sécurité et fonction de sécurité : Conflit entre la protection mise en place et son objectif qui aboutit à sa neutralisation.
- Ecarts entre les conditions nominales prévues et les conditions opérationnelles vécues

Dans certains cas, des liens de causalités peuvent être mis en évidence entre ces deux familles de CLU.

Elaboration d'arbres logiques pour l'aide à la décision en conception

Les ALU sont donc le fruit d'adaptations réalisées par les opérateurs en fonction de leurs compétences, savoirs, savoir-faire, en réponse à des CLU issues du processus de conception, des décisions prises à différents niveaux hiérarchiques et en fonction d'un contexte spécifique.

La recherche des concepts d'ALU et CLU a été menée dans le but de pouvoir procéder à une généralisation permettant de ne plus particulariser le retour d'expérience tel que cela est pratiqué généralement (c'est à dire au coup par coup) et d'inciter le concepteur à réfléchir plus profondément à ce type de problèmes. Dans cette optique, nous cherchons dans un premier temps à lui faire prendre conscience de l'impact des CLU introduites en conception. Cela nécessite de trouver un mode de représentation qui soit suffisamment explicite et complet pour que le concepteur ait une vision claire des activités identifiées sur le terrain.

Nous avons montré par ailleurs [7] que par sa démarche, le concepteur (partenaire industriel du projet) s'attache avant tout à satisfaire des exigences liées aux performances techniques du système et qu'autour de ces exigences, il opte pour des modalités non systémiques de prise en compte de la sécurité [5] :

- des modalités explicites collectives d'intégration de la sécurité : ce type de modalité est considéré comme constituant des voies directes, en relation avec différents documents internes de référence, des documents provenant de la maison mère, des normes européennes… Cet ensemble de données constitue une base de connaissances favorisant l'existence d'un "référentiel opératif commun" à la plupart des acteurs de la conception. Ces voies directes peuvent de ce fait favoriser une intégration collective de la sécurité.
- des modalités implicites et individuelles : ce type de modalités (voies indirects) s'expliquent par la diversité des métiers impliqués, les objectifs propres à chaque acteur, l'expérience de chacun, le retour d'expérience formel ou informel, la connaissance du terrain et des situations de travail…

Or, ces modalités semblent insuffisantes pour une prévention efficace. En effet, nous avons pu identifier des cas de conception pour lesquels, par oubli, des commandes avaient été placées trop haut, ce problème ayant été détecté en fin de conception. Ce genre de situations est le témoin d'un manque de méthodes, de démarches, d'outils permettant de systématiser la résolution de conflit entre sécurité et performances techniques et confirme qu'il est nécessaire de trouver un outil permettant de restituer les situations opérationnelles au concepteur et de mettre en évidence les déterminants à ces situations afin de pouvoir les contrôler ou les éliminer.

En ce sens, notre contribution se situe au niveau d'une modélisation des situations observées, qui a pour but de rendre ces situations "lisibles" pour le concepteur qui, dans l'état actuel de ses connaissances, n'en soupçonne pas l'existence ou en sous-estime l'ampleur. Cette forme de représentation des ALU contient des éléments sur lesquels le concepteur peut agir pour améliorer sa démarche.

Modalités de construction des arbres logiques

La réflexion a donc porté sur un mode de représentation permettant de restituer en quelque sorte l'aspect dynamique des ALU, dans le sens où elles sont initiées par des précurseurs, elles nécessitent la mise en œuvre de modes opératoires spécifiques et elles peuvent engendrer des conséquences bénéfiques (en cas de réussite) ou néfastes (en cas d'échec) sur la sécurité des opérateurs et l'intégrité du système technique.
Nous nous sommes tout d'abord orientés vers l'utilisation de diagrammes cause-conséquence, mais ceux-ci ne nous permettaient pas de représenter l'aspect dynamique de l'ALU.
Pour répondre à ces exigences, nous avons utilisé la logique de l'arbre de défaillances (porte ET et OU) [8] qui permet d'articuler les éléments les uns aux autres et nous avons par ailleurs conservé toute la symbologie liée aux événements intermédiaires et événements de base.
Néanmoins, les modalités de représentation, c'est à dire de façon strictement descendante en lien avec un raisonnement déductif, ne nous ont pas semblé adaptées pour pouvoir représenter une certaine temporalité des événements. En effet, un des points faibles de l'AdD correspond à son mode de représentation à

caractère "statique" : aucune précision n'est faite sur l'ordre d'apparition des événements, à moins d'utiliser des symboles spécifiques tels que des portes délais (qui ne nous semblaient pas adéquates).

Les modalités de représentation que nous proposons reposent en réalité sur un mode de raisonnement mixte (déductif et inductif). Dans ce cadre, notre construction est centrée sur un événement majeur intitulé "*Décision d'effectuer l'ALU*" qui est **positionné au centre** et non en tant qu'événement sommet, tel que cela est pratiqué dans la construction des AdD classiques. A partir de ce positionnement, nous essayons de déterminer les événements amonts et les événements avals.
Ainsi, tous les événements figurant dans l'arbre sont considérés du point de vue :

- d'une part, des causes de la réalisation de l'ALU : des problèmes ou défaillances liés à la production, des circonstances, des éléments introduits par le processus de conception…
- d'autre part, des modalités amenant à l'échec de l'ALU : du type mode opératoire "défaillant" et leurs conséquences, sachant que l'événement sommet considéré reste toujours un incident ou un accident de la production.

Nous précisons que cette modélisation a été réalisée exclusivement au niveau des **ALU opérationnelles** dont les circonstances et facteurs initiateurs sont bien souvent identifiables, contrairement aux ALU managériales qui dépendent généralement de facteurs externes à la conception donc beaucoup plus larges.

Résultats obtenus par la représentation par arbres logiques

Cette représentation par arbres logiques confirme ce qui avait été démontré par ailleurs [7] : ces ALU agissent comme des barrières renforçant le niveau de fiabilité du système.

Dès lors, nous chercherons à déterminer les facteurs pouvant amener à un échec de l'ALU ainsi que les conséquences liées à cet échec.
La représentation par arbre logique constitue une réponse à cette interrogation.

Les différents éléments représentés dans l'arbre logique, d'amont en aval, correspondent :

- aux événements motivant l'ALU, c'est à dire les "*causes de la prise de décision d'effectuer l'ALU*" pouvant être liées à des anomalies de fonctionnement du système, des CLU, des circonstances…
- à la "*prise de décision d'effectuer l'ALU*" en elle-même qui symbolise le moment où l'opérateur décidera d'intervenir de cette façon sur le système (plutôt que de respecter les procédures prescrites),
- aux modalités mises en œuvre pour réaliser l'ALU, c'est à dire "*l'exécution de l'ALU*" qui correspond à un recensement logique de tous les événements amenant à l'échec de l'ALU,
- aux conséquences de l'échec de l'ALU ("*conséquences liées à l'échec de l'ALU*") en terme d'incident de production (du type : pas de rétablissement d'un niveau de qualité acceptable, aggravation du niveau de qualité, dégradation du système,…) ou d'accident (atteinte à l'opérateur). L'événement "incident et ou accident de production" constitue donc l'événement sommet de l'arbre.

Cette façon d'agencer les éléments les uns par rapport aux autres constitue en quelque sorte un modèle utilisable quelle que soit l'ALU opérationnelle traitée et permet de ce fait au concepteur de toujours garder la même logique.

La Figure 1 présente un exemple d'arbre logique concernant l'ALU : nettoyage des blanchets en rotation.

Traitement de l'arbre logique de l'échec de l'ALU

Nous avons procédé à un traitement qualitatif classique de cet arbre (il suffit pour cela de reconstituer chaque branche correspondant à la décision d'effectuer l'ALU).

Nous obtenons les coupes minimales qui figurent dans le Tableau 1.

	Coupes minimales
1	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E001
2	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E002
3	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E001
4	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E002
5	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E003
6	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E004
7	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E003
8	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E004
9	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E008
10	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E008
11	E005, E013, E012, E007, E006, E011, E009
12	E005, E013, E012, E007, E006, E010, E009

Tableau 1 : Coupes obtenues par traitement qualitatif de l'arbre logique

Le Tableau 2 présente un récapitulatif des événements de base.

Numéro de l'événement de base	Intitulé de l'événement de base
E001	Chiffon trop imbibé de solvant
E002	Brin de textile se détache
E003	Mouvement involontaire induit par une cause externe
E004	Inattention temporaire
E005	Contraintes liées à l'arrêt puis au redémarrage du système
E006	Importance des pertes non acceptée
E007	Efficacité insuffisante du lavage automatique
E008	Lâcher du chiffon
E009	Chiffon mal plié
E010	Salissure d'origine inconnue
E011	Salissure induite par des consommables de mauvaise qualité
E012	Accessibilité des blanchets
E013	Pression temporelle liée aux délais de livraison

Tableau 2 : Récapitulatif des événements de base

Interprétation des résultats

Le traitement nous permet d'identifier 12 scénarios pour lesquels la mise en œuvre de l'ALU conduit à un "incident ou accident de production", c'est à dire son échec.
Les scénarios recensés correspondent à des coupes minimales d'ordre 7.
Cela signifie que la mise en œuvre de l'ALU est susceptible d'engendrer un incident ou un accident à la condition qu'il y ait une conjonction de 7 événements de base :

- d'une part, des événements qui initient la prise de décision (E005, E006, E007, E010, E011, E012, E013),
- d'autre part, des événements qui conduisent à des modes opératoires "défaillants" (E001, E002, E003, E004, E008, E009).

L'ordre élevé des coupes obtenues est bien représentatif du fait que l'ALU n'est pas le fruit du hasard : c'est ce genre d'élément qu'il est intéressant de remonter au concepteur.
Les 12 scénarios recensés sont autant de pistes à explorer par le concepteur pour éviter leur apparition.
Ainsi par rapport à ce traitement deux logiques peuvent être dégagées :

- Soit une "exploration" des différents événements impliqués dans les scénarios pour faire en sorte de les éliminer définitivement, par exemple : faire en sorte que le nettoyage automatique soit plus efficace, empêcher définitivement l'accès au blanchet (sachant que le fait de bloquer les accès ne constitue pas en soi une solution efficace), éviter ou limiter toutes les contraintes liées à un redémarrage…

- Soit une "exploration" des scénarios un par un et de leur processus d'apparition qu'il faudrait essayer de canaliser

dans des "chemins" ne présentant plus le risque de provoquer un accident ou un incident : configuration maîtrisée.

Les coupes obtenues révèlent par ailleurs que l'échec de l'ALU correspond à la **conjonction d'éléments de nature différente** :

- des facteurs inhérents au système et introduits par le concepteur (CLU) : tel que l'efficacité insuffisante du nettoyage automatique,
- des facteurs plutôt incontrôlables issus du processus : la présence d'une salissure peut venir de multiples origines différentes (poussières, cheveu…),
- des facteurs inhérents à l'activité mise en œuvre pour réaliser l'ALU : par exemple, l'utilisation d'un mauvais matériel (chiffon inadapté), des maladresses de la part de l'opérateur ou un manque de savoir et savoir-faire (chiffon mal plié) sont autant de facteurs qui induisent un échec de l'ALU,
- des circonstances et facteurs issus de choix indépendants de l'exploitant : l'utilisation de consommables de mauvaise qualité qui sont exigés par le client, une pression temporelle induite par les délais.

Cette modélisation tente donc de recréer le caractère opérationnel des activités.

Mise en évidence de la construction positive d'un espace opérationnel de sécurité

Nous avons souligné, lors de la définition du concept d'ALU, l'importance relative à la construction positive d'un espace de sécurité implicite de la part des opérateurs lorsqu'ils mettent en œuvre l'ALU.

Cet aspect semble également intéressant à mettre en évidence de façon explicite par l'intermédiaire des Arbres Logiques. Pour cela, nous avons construit un arbre ayant pour sommet "pertes réduites à un niveau accepté" qui correspond à l'objectif visé lors de la mise en œuvre de l'ALU, c'est à dire sa réussite. Cet arbre se différencie d'un AdD par le fait que l'événement sommet est un événement souhaité et tous les événements qui concourent à une exécution répondant aux objectifs, ne sont pas des événements de base (c'est à dire des défaillances), ce sont en quelque sorte des événements à réussir (événements figurant à droite de l'arbre).

Le traitement qualitatif nous permet d'obtenir **deux coupes minimales d'ordre 11**, ce qui signifie que pour que la mise en œuvre de l'ALU puisse réduire les pertes à un niveau accepté, il faut une conjonction de 11 événements.

En réalité, il est surtout important dans ce cas, de tenir compte des facteurs de réussite de l'ALU qui représentent, à eux-seuls, la conjonction de 5 événements. L'importance liée à l'expérience, aux savoirs et savoir-faire des opérateurs prend alors toute sa signification.

Conclusion sur la représentation par Arbres Logiques

L'arbre obtenu constitue donc un apport à deux niveaux pour la conception :

- d'une part, son aspect graphique est destiné à une visualisation ordonnée de tous les aspects relatifs à une décision de l'opérateur d'effectuer l'ALU,
- d'autre part, son traitement qualitatif permet de donner des pistes de réflexion quant à l'élimination de l'ALU opérationnelle ou sa canalisation vers des chemins n'amenant pas à des conséquences trop néfastes pour l'opérateur et le système.

L'Arbre Logique semble constituer un outil d'aide à la décision pour le concepteur, dans le sens où il restitue de façon relativement représentative la mise en œuvre de l'ALU et met en évidence des axes à prendre en considération dans le processus de conception.

Néanmoins, pour une réelle efficacité de cet outil, il est indispensable qu'il s'intègre dans une démarche globale de prévention des risques dès la conception. Or, cet aspect méthodologique reste à développer. Nous avons suggéré dans nos travaux [7] de procéder à un retour d'expérience structuré par l'intermédiaire de la méthodologie MAFERGO qui pourrait constituer un point de départ pour ce type de démarche de prévention des risques.

Remerciements

Ce travail fait partie d'un projet mené par le "Groupe Intégration de la Prévention dès la Conception" de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.), cofinancé par le CNRS dans son Programme Systèmes de Production (PROSPER).

Bibliographie

[1] Fadier E., 1996 - L'intégration des facteurs humains dans la sûreté de fonctionnement : une nécessité pour la maîtrise des risques, Revue REE n°8 Septembre, pp.18-24

[2] Rasmussen, 1997 – Risk management in a dynamic society : a modeling problem. Safety science vol. 27, numéro 2/3, pp.183-213, novembre /décembre.

[3] Guillermain**,** Neboit, Fadier, 1990 **–** De l'analyse du système à l'analyse de l'interaction opérateur-machine : proposition méthodologique, In Leplat & de Terssac, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes, Octarès Entreprises – pp.241-265.

[4] Polet, Vandehaegen, Wieringa, 2000 – Theory of barrier crossing, 19th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, June 26-28, Ispra – Italy, pp. 73-80

[5] De la Garza C., 2000 – Modalités d'intégration de la sécurité dans une activité de conception : l'exemple d'une rotative, Rapport d'état d'avancement Projet PROSPER n°4

[6] Fadier, De la Garza, Didelot, 2001 – Design and safe use of automated systems : contribution of the analysis of human activity, *proposée pour la revue* Safety Science.

[7] Didelot, 2001 – Contribution à l'identification et au contrôle des risques dans le processus de conception – Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

[8] Villemeur, 1988 – Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Paris, Eyrolles.

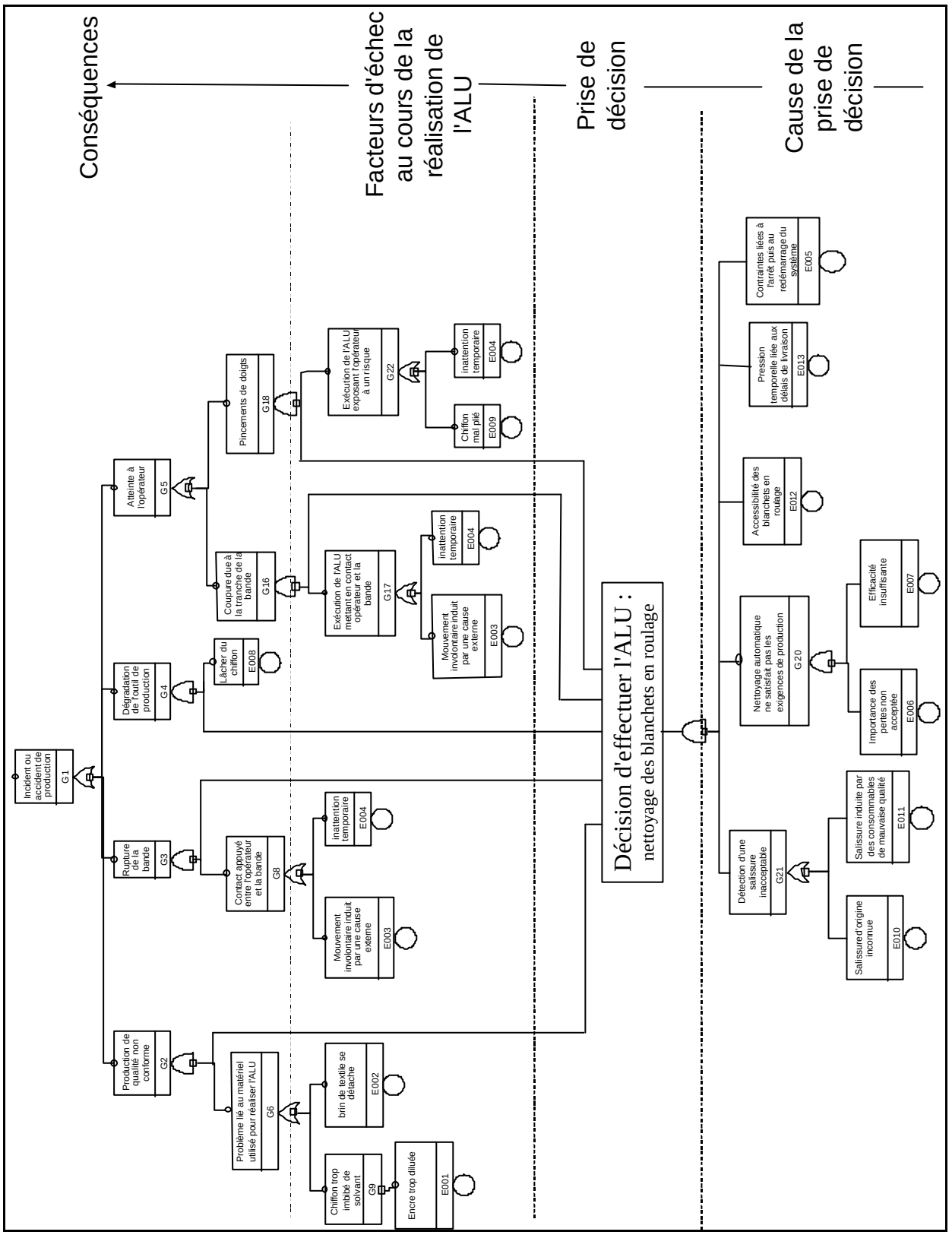

Figure 1 : Représentation par Arbre Logique de l'échec de l'ALU : nettoyage des blanchets en roulage

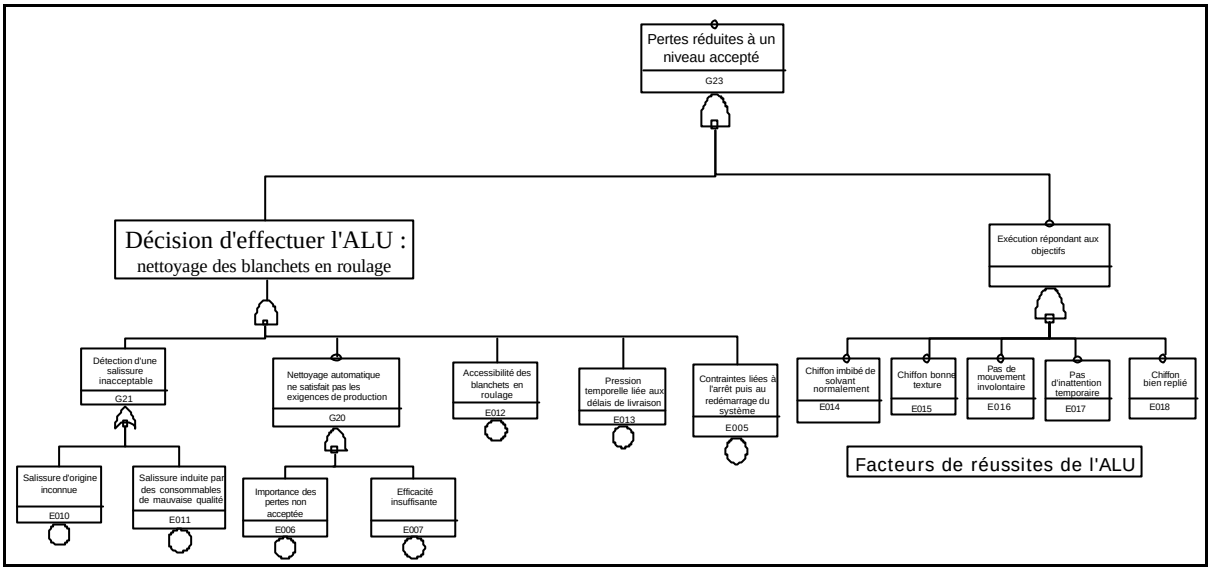

Figure 2: Représentation de la construction positive d'un espace de sécurité implicite