

LES INVARIANTS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

DESROCHES Alain

*Centre National d'Etudes Spatiales
Inspection Générale et Qualité (IGQ)*

✉ 18, avenue Edouard Belin
31401 Toulouse cedex 9

☎ : 05 61 28 26 23 - Fax : 05 61 28 28 49 - @ : alain.desroches@cnes.fr

Résumé : La gestion des risques dont l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est généralement la première étape, est réalisée avec profit sur un certain nombre d'activités de nature très différente telles que la gestion d'entreprise, la gestion d'un projet et l'exploitation d'un produit ou d'une installation. La nature et l'importance des risques génériques dépendent évidemment de l'activité considérée.

L'auteur s'applique à montrer les invariants génériques relatifs au processus d'analyse préliminaire et d'évaluation des risques de ces trois activités, tant au niveau de leur gouvernance, de leur appréciation que de leur maîtrise.

La présentation est finalisée par des applications concrétisant ces invariants à travers le format des référentiels de décision, le format des facteurs de risques, le format de support de l'APR et les diagrammes visualisant les résultats.

Abstract: The risk management whose Preliminary Hazard Analysis (PHA) is generally the first stage, is made with profit on a certain number of activities of nature very different such as management of company, the project management and the exploitation of a product. The nature and the importance of the generic risks (factors of risk and risky situations) depend obviously on the activity considered.

The author endeavours to show the generic invariants relating to the process of risk management of these three activities, as well on the level of their governorship, their appreciation as of their control.

The presentation will be finalized by applications concretizing these invariants through the format of the reference frames for decision, the format of the factors of risks, the format of support of the PHA and the diagrams showing the results.

Mots-clés : Gestion des risques, facteurs de risques, situations à risques, Analyse Préliminaire des Risques.

Keywords: Risk management, factors of risk, risky situations, Preliminary Hazard Analysis.

1- Quelques rappels préliminaires sur les concepts génériques

1.1-Généralités

Intuitivement, la première étape de l'analyse des risques d'une activité est la recherche des *situations à risque* pouvant conduire à la survenance d'événements redoutés préjudiciables à sa poursuite.

Quel que soit le système associé à l'activité, la *situation à risque* (ou dangereuse) notée SD résulte de la conjonction d'un *danger* (D) et d'un « *événement contact* » (EC) qui met le système en présence ou au contact du danger.

Cette configuration de l'état du système en présence de danger est modélisée par l'expression: $SD = D \cap EC$.

La *situation a risque* est définie par la nature et le potentiel de dangerosité et la vraisemblance de ce potentiel. De même l'événement redouté « final » ou *accident* (A) résulte de la conjonction de la situation dangereuse et d'un « *événement amorce* » (EA) qui déclenche la dangerosité sur le ou les éléments vulnérables du système.

Cette configuration accidentelle est modélisée par l'expression : $A = SD \cap EA = D \cap EC \cap EA$

La gravité des conséquences directes et indirectes de l'accident, notée G(A) correspond au montant des dommages en terme de perte ou préjudice mesurable.

Le scénario d'accident qui en résulte est visualisé sur le diagramme suivant :

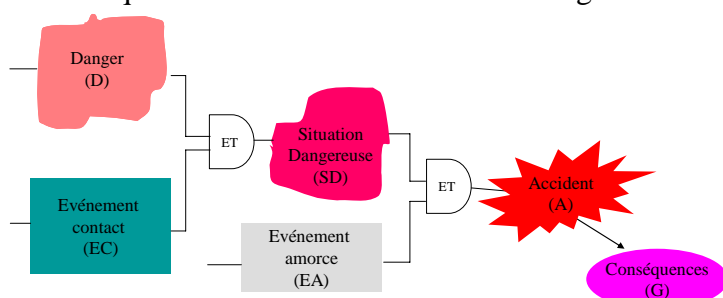


Figure 1 : Scénario d'accident

Nota : le risque associé au danger est défini par la nature du danger, son niveau de dangerosité et la probabilité d'occurrence de ce niveau. Parallèlement, l'élément vulnérable est défini par sa nature, son niveau de vulnérabilité à un danger prédéfini.

Les éléments quantifiés du scénario sont les suivants :

- La vraisemblance de survenance de la situation dangereuse est définie par la probabilité :

$$Pr(SD) = Pr(D) \times Pr(EC/D)$$
- La vraisemblance de survenance de l'accident de gravité G est définie par la probabilité :

$$Pr(A) = Pr(SD) \times Pr(EA/SD) = Pr(D) \times Pr(EC/D) \times Pr(EA/SD)$$
- Le produit $Pr(EC/D) \times Pr(EA/SD)$ correspond à la probabilité d'exposition de l'élément vulnérable du système au danger.

Nota : si le danger est interne au système, l'événement EC peut être considéré comme certain (cad $Pr(EC/D)=1$). De même, dans certaines configurations du système, l'événement EA peut être considéré comme certain (cad $Pr(EA/SD)=1$), ce qui revient à dire que l'exposition de l'élément vulnérable au danger correspond à celle du système tout entier.

Dans le déroulement d'un scénario générique, les événements D, EC, SD, EA, A et G sont des événements génériques invariants.

1.2-Applications à trois catégories d'activité

Les risques génériques, qu'ils soient spéculatifs c'est-à-dire volontairement pris dans le cadre d'une activité ou qu'ils soient négatifs c'est-à-dire subis, dépendent essentiellement de la nature de cette activité. Dans tous les cas on peut considérer qu'ils sont susceptibles de contrarier tout ou partie de son déroulement et en final ses objectifs.

Par exemple :

- Pour une *entreprise*, les risques spéculatifs induits par les décisions de ses dirigeants pour son développement ou les risques négatifs qu'elle subit de par son organisation, la concurrence,...peuvent contrarier ses résultats et plus globalement sa pérennité.
- Pour un *projet*, les risques structurels induits par la mauvaise prise en compte des exigences, la mauvaise organisation ou une technologie insuffisante et les risques conjoncturels liés aux aléas du déroulement et à la conduite du projet, peuvent contrarier l'atteinte de ses objectifs en termes de performances, coûts et délais,
- Pour un *produit*¹ à exploiter (installation...), les risques induits par sa gestion ou par la nature du produit peuvent contrarier ses objectifs de productivité ou de sécurité.

¹ Le produit peut être acquis ou être le résultat d'un projet. L'exploitation elle-même peut être, tout ou partie assimilée à une gestion d'entreprise.

A quelque niveau que ce soit, la modélisation générique de ces trois activités fait apparaître cinq classes d'invariants d'importance plus ou moins grande:

- Les ressources techniques,
- Les ressources financières,
- Les ressources humaines,
- Le management,
- Les environnements

Le schéma suivant visualise ce modèle où les interactions sont représentées par des flèches :

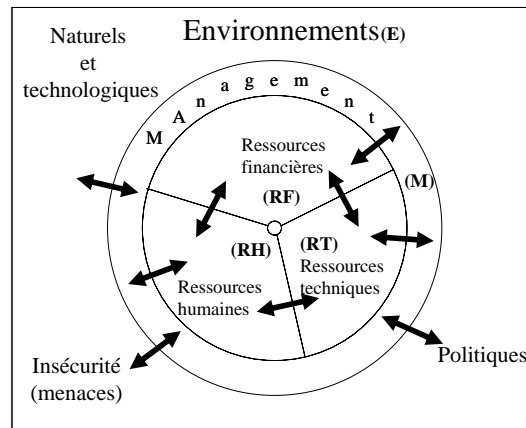


Figure 2 : Modèle générique des activités et des classes d'invariants

Nota : l'analyse préliminaire des risques doit prendre en compte ces 5 classes tant comme sources de danger ou facteurs de risque que comme sources de vulnérabilité du système dans le cadre des spécificités de l'activité considérée.

Un exemple de liste de risques génériques² est donné ci-dessous pour chacune des trois activités. Chaque risque générique se décline par la suite en risque spécifique et/ou facteur de risque et/ou événement redouté.

➤ **Pour l'entreprise [Des 03] :**

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 Risques politiques | 9 Risques commerciaux |
| 2 Risques programmatiques | 10 Risques de communication |
| 3 Risques stratégiques | 11 Risques professionnels |
| 4 Risques techniques | 12 Risques des systèmes d'information |
| 5 Risques opérationnels | 13 Risques sociaux |
| 6 Risques juridiques | 14 Risques de management et d'organisation |
| 7 Risques financiers | 15 Risques d'insécurité |
| 8 Risques économiques | 16 Risques d'environnements naturels et technologiques |

Par exemple, un facteur de risque politique à considérer est *l'application d'une nouvelle législation nationale ou européenne*. De même un facteur de risque stratégique à prendre en compte est *l'instabilité des besoins ou du contexte économique ou politique*.

² Certains de ces risques ne sont pas indépendants

➤ **Pour le projet** [Cou 98].et [Des 03] :

- | | |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 Risques d'expression des besoins et de spécifications | 6 Risques financiers du projet |
| 2 Risques de stratégie de développement | 7 Risques de retards de planning |
| 3 Risques d'organisation de Projet | 8 Risques sur les performances techniques et opérationnelles |
| 4 Risques d'Interfaces contractuelles | 9 Risques des utilisateurs et sites d'exploitation |
| 5 Risques de conduite de projet | |

Par exemple un facteur de risque d'expression des besoins et de spécifications est *la non implication, même limitée des futurs utilisateurs dans la définition du besoin*. De même, un facteur de risque d'organisation du projet est *l'absence d'ingénieur système* [Cou 98].

➤ **Pour le produit** (exploitation d'une installation³ ou conception et fabrication⁴) formés des sous-systèmes (A, B, C,...), les risques sont directement associés aux sous-systèmes [Vil 88] et [Des 03] :

- | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Risques système de l'installation ou du produit | 3 Risques du sous-système B |
| 2 Risques du sous-système A | 4 Risques du sous-système C |

Par exemple un facteur de risque en conception et fabrication est *la non prise en compte des causes communes de défaillance...*. De même, un facteur à risque d'exploitation est *l'absence ou la mauvaise compréhension des procédures de maintenance*

2-Définition des éléments d'évaluation et de décision

Les éléments invariants d'évaluation et de décision sont :

- L'échelle de gravité,
- L'échelle de vraisemblance,
- L'échelle de criticité et le référentiel de décision,
- L'échelle d'effort de maîtrise des risques

2.1-Echelle de gravité

Les gravités initiales (G_i) et résiduelles (G_r) des conséquences sont préalablement formulées pour chaque activité (type et nature) selon une échelle générique à 5 niveaux (G1 à G5) :

Tableau 1 : Echelle de gravité

Index de la classe	Intitulé générique de la classe	Nature des conséquences système associées	Intitulé des conséquences système associées
G1	Mineure	Aucune	Aucun impact préjudiciable à la sécurité du système ou la poursuite de l'activité.
G2	Significative	Mission dégradée	Dégradation partielle de la disponibilité du système sans conséquence sécuritaire pour le système. Dégradation partielle du déroulement nominal de composantes non essentielles de l'activité.

³ Certains de ces risques sont à rapprocher des risques d'entreprise.

⁴ Ces risques concernent la non tenue des objectifs de Sécurité de Fonctionnement.

Index de la classe	Intitulé générique de la classe	Nature des conséquences système associées	Intitulé des conséquences système associées
G3	Majeure	Mission échouée	Très forte dégradation ou dégradation totale de la disponibilité du système sans conséquence sécuritaire pour le système. Dégradation totale de composantes non essentielles de l'activité sans conséquences irréversibles sur la poursuite de l'activité.
G4	Critique	Sécurité dégradée	Dégradation partielle de la sécurité du système. Dégradation partielle de composantes essentielles de l'activité sans conséquences irréversibles sur la poursuite de l'activité.
G5	Catastrophique	Sécurité échouée	Très forte dégradation ou dégradation totale de la sécurité du système (état irréversible). Dégradation totale de composantes essentielles de l'activité avec conséquences irréversibles sur la poursuite de l'activité.

Nota : L'échelle des gravités n'est pas linéaire mais généralement logarithmique.

Pour la classe G5, des exemples d'intitulés des trois types d'activité sont donnés ci-après :

- **Risques d'entreprise** : dépôt de bilan et mise en liquidation, ...
- **Risques de projet** : surcoûts et/ou des délais non rattrapables entraînant l'arrêt du projet, ...
- **Risques produit** : destruction totale d'infrastructures ou de biens, ...

2.2-Echelle de vraisemblance

Les vraisemblances, initiales (V_i) et résiduelles (V_r) sont définies préalablement selon une échelle générique à 5 niveaux (V1 à V5) :

Tableau 2 : Echelle de vraisemblance

V1	V2	V3	V4	V5
Impossible à improbable	Très peu probable	Peu probable	Probable	Très probable à certain

Remarques :

- a) *Comme pour la gravité, l'échelle des vraisemblances n'est pas linéaire mais généralement logarithmique.*
- b) *La probabilité 0,5 correspondant à l'incertitude la plus forte, se situe entre V3 et V4.*
- c) *La vraisemblance initiale, V_i est une estimation de la probabilité $Pr(A)$ et non de $Pr(SD)$.*

2.3-Echelle de criticité et référentiel de décision

En fonction de leur valeur, la criticité générique des conséquences d'un événement redouté permet de définir les actions à engager. L'échelle de criticité générique est présentée ci-après.

Tableau 3 : Echelle de criticité et référentiel de décision

Classes de criticité	Niveau du risque	Décision
C1	Acceptable en l'état	Aucune action n'est à entreprendre
C2	Tolérable sous contrôle	Un suivi en terme de gestion du risque résiduel doit être organisé
C3	Inacceptable	la situation doit être refusée et des mesures en réduction des risques sont à prendre.

Le référentiel de décision, construit à partir des échelles de gravité et de vraisemblance permet de visualiser les trois criticités C1, C2 et C3 pour les risques initiaux et résiduels.

Un exemple de référentiel de décision est donné ci-après :

		Classes de gravité				
		G1	G2	G3	G4	G5
Classes de vraisemblance	V5					
	V4					
	V3					
	V2					
	V1					

2.4-Echelle d'effort

Enfin l'effort associé aux actions (consolidées) de maîtrise des risques est défini suivant une échelle qualitative :

Tableau 5 : Echelle d'effort

Classes d'effort	Niveau d'effort pour maîtriser le risque	Commentaires
E0	Aucun	Aucune action entreprise
E1	Faible	Effort très faible à faible ($x1 < \text{surcoûts} < x2$, $y1 < \text{délais} < y2 \dots$) Vigilance, contrôle ou action ponctuel
E2	Moyen	Effort moyen ($xx1 < \text{surcoûts} < xx2$, $yy1 < \text{délais} < yy2, \dots$) Vigilance, contrôle ou action périodique
E3	Fort	Effort important à très important ($xxx1 < \text{surcoûts} < xxx2$, $yyy1 < \text{délais} < yyy2, \dots$) Vigilance, contrôle ou action continue Action au plus haut niveau

Nota : Les efforts sont à corrélérer aux index des risques initiaux (index de gravité x index de vraisemblance) pour vérifier la cohérence des actions de maîtrise des risques aux risques initiaux.

3-Processus d'analyse

La démarche générale d'Analyse Préliminaire des Risques est réalisée en deux étapes invariantes :

- Elaboration de la cartographie des situations à risques,
- Analyse des risques des scénarios d'accident associés à chaque situation à risques identifiée.

3.3-Elaboration de la cartographie des situations à risques

Pour chaque risque générique, il peut être généralement associé un ensemble de risques spécifiques et plus globalement un ensemble de **facteurs de risque** propres à la nature de l'activité. Pour mémoire, les facteurs de risque sont des événements internes ou externes au système qui contribuent à créer ou augmenter la vraisemblance de survenance d'un risque : *Incertitudes, sources de danger, impasses ou perturbations déterminismes ou aléatoires.*

Parallèlement, chaque activité peut être décrite ou définie par ses phases, ses processus ou les sous systèmes qui contribuent à sa réalisation.

A partir de l'ensemble des couples « Facteur de risques – Phases ou s/système », il est élaboré la cartographie des situations à risque potentielles. L'intersection est repérée un chiffre (1 ou 2) qui

correspond à la priorité d'analyse ultérieure associée au degré de vulnérabilité des éléments du sous-système au risque considéré.

Un exemple est donné ci-après pour les risques « produit » d'un système formé de trois sous-systèmes A, B, C :

Tableau 6 : Risques produit d'un système

RISQUES GENERIQUES	Risques spécifiques	facteurs de risque ou événements redoutés	S/S A	S/S B		S/S C
				Elément B1	Elément B2	
RISQUES NATURELS	Foudre	Foudroiement		2		1
RISQUES TECHNOLOGIQUES	Electrique	Electrocution			1	
	Mécanique	Explosion				
	Thermique	Incendie	1	1		
RISQUES FONCTIONNELS	Fonctionnement intempestif	Démarrage intempestif...	1		2	
	Non démarrage	Panne à la sollicitation...			1	1
	Arrêt de fonctionnement	Défaillance ...		1		

Nota : la cartographie des situations à risques doit définir entièrement le périmètre de l'analyse des risques quelle que soit l'activité considérée.

3.2-Analyse préliminaire des risques des scénarios d'accident

Pour chacune des situations à risques identifiées dans la cartographie, une analyse des risques du ou des scénarios associés est réalisée suivant un format invariant avec des adaptations qui sont propres à chacune des activités.

Le format générique de support des APR présenté ci-dessous comporte trois parties à renseigner :

- des informations de traçabilité de l'analyse (colonnes 1 et 2),
- des informations sur l'analyse, l'évaluation et la criticité du risque initial (colonnes 3 et 10),
- des informations sur la maîtrise du risque initial, l'évaluation, la criticité et la gestion du risque résiduel (colonnes 11 et 16).

1	2	3	4	5	6	5	8	9	10	11	11	11	11	16				
N°	Date ou Phase ou s/système	Facteur de risque ou situation à risques	Causes	Conséquences	Impacts			Précurseurs et Traitements déjà existants dont moyens de détection ou d'alerte	G	V	C	Actions de maîtrise des risques et Identification de l'autorité de décision de leur application			G	V	C	Gestion du risque résiduel
												E	r	r				

Les impacts définis dans des colonnes spécifiques sont pointés (0 ou 1) en fonction de la nature de l'activité et du scénario considérés. Par exemple :

➤ Pour l'analyse des **risques d'entreprise** :

T	F	H	M	E
---	---	---	---	---

- où T : impact sur les ressources techniques
- F : impact sur les ressources financières
- H : impact sur les ressources humaines
- M : impact sur le management
- E : impact des ou sur les environnements externes

➤ Pour l'analyse des **risques projet** :

P	C	D	S
---	---	---	---

- où P : impact sur les performances techniques du produit,
- C : impact sur les coûts financiers du projet
- D : impact sur les délais du projet
- S : impact sur la sécurité du produit

➤ Pour l'analyse des **risques produit** :

D	S
---	---

- où⁵ D : impact sur la disponibilité du produit ou la productivité de l'installation,
- S : impact sur la sécurité du produit ou de l'installation

Les actions consolidées de maîtrise des risques sont associées à chacune des conséquences identifiées. Le nom de l'autorité consolide l'acceptation et la mise en application des actions.

Les gravités et vraisemblances résiduelles sont directement associées aux gravités et vraisemblances initiales et aux catégories d'actions de maîtrise des risques entreprises telles que :

- Actions de prévention : $V_r < V_i$
- Actions de protection : $G_r < G_i$
- Assurance : $G_r < G_i$

Remarque : les actions de maîtrise des risques sont itérées jusqu'à ce que la criticité résiduelle soit C1 ou C2.

Les actions associées à la criticité C2 font l'objet de gestion du risque résiduel.

4-Exemples de formats d'analyse préliminaire des risques

Des exemples de formats APR renseignés sont présentés en annexe A1, A2 et A3 pour chacune des trois activités.

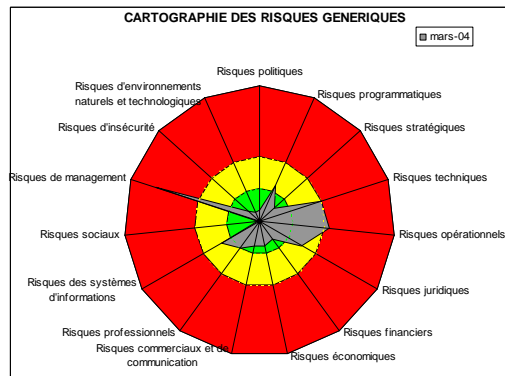
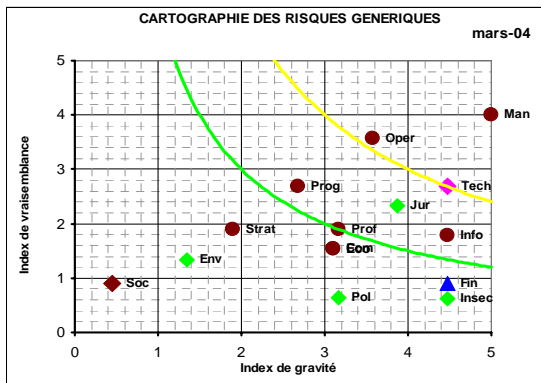
5-Présentation des résultats d'analyse

Les **cartographies des risques** initiaux et résiduels, déduites des analyses constituent aussi des invariants. Elles sont visualisées sous forme de deux types de diagrammes :

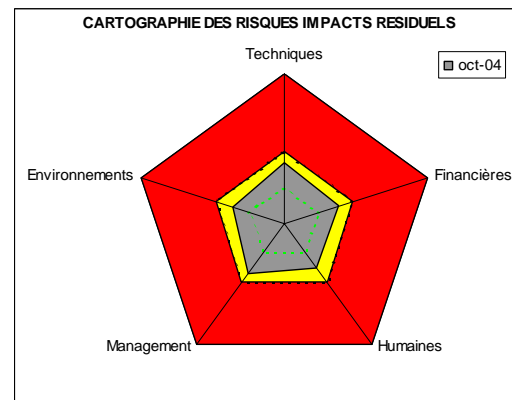
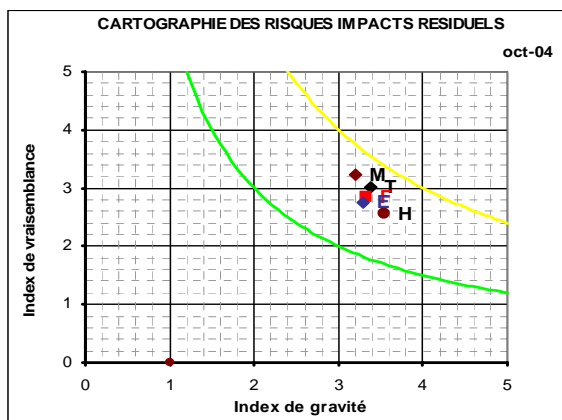
- un diagramme de FARMER « Index de Gravité –Index de vraisemblance ».
- un diagramme de Kiviati (ou diagramme radar) qui visualise l'index de risque de chacun des risques génériques sur l'activité. Cette représentation permet de comparer la criticité des risques sur les rayons et d'avoir une bonne visualisation du risque global de l'activité.

⁵ Ces deux informations peuvent être redondantes si l'échelle de gravité répartit explicitement ces deux impacts : disponibilité/productivité en G2 et G3 et sécurité en G4 et G5.

Un exemple de diagrammes de cartographie⁶ des risques d'entreprise est donné ci après



Si les impacts ont été renseignés dans les formats d'analyse, on peut aussi construire les cartographies des risques d'impacts initiaux et résiduels. Un exemple de cartographie des risques d'impacts est donné ci après



6-Conclusion

Quelle que soit l'activité considérée, la démarche générique d'analyse préliminaire des risques présente un fondement commun d'éléments invariants. Celle-ci représente une part importante du processus d'analyse mais doit être complétée par des éléments propres à l'activité au niveau de l'appréciation et du traitement des impacts.

Références :

- [Vil 88] A. Villemeur. *La sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Ed. Eyrolles, 1988.
- [Cou 98] H. Courtot *La gestion des risques dans les projets*, Edition Economica, 1998
- [Des 03] A. Desroches et al. *La gestion des risques - principes et pratiques*, Ed. Hermes Science, 2003.
- [Des] A. Desroches *Cours du Mastère Spécialisé en GRS (Gestion des Risques et de la Sécurité des établissements et réseaux de santé) de L'Ecole Centrale Paris.*

⁶ Dans les diagrammes de Farmer, la zone au dessus de la ligne jaune est de criticité C3, la zone comprise entre les lignes jaune et verte est de criticité C2 et la zone au dessous de la ligne verte est de criticité C1

Annexe A1 : Risques d'entreprise

N°	Date ou Phase	Facteur de risque ou situation à risques	Causes	Conséquences	Précurseurs et Traitements déjà existants dont moyens de détection ou d'alerte					G i	V i	C i	Actions de maîtrise des risques et Identification de l'autorité de décision de leur application	E	G r	V r	C r	Gestion du risque résiduel
					T	F	H	M	E									
A5_1	25/05/04	Turn-over des personnels Postes ouverts en interne non pourvus.	Limitation du contrat de mobilité	Postes clés non pourvus. Perte de compétences.								2 5 2	Efforts conséquents (actions marketing des RH) Etat de mise à jour des dates de fin de contrat. XXX	2	3	3	2	
D9_3	18/03/04	Manque de conformité aux lois relatives aux licences logicielles et de réponses aux demandes de vendeurs de logiciel.	Inventaire non maîtrisé des matériels informatiques et des licences logicielles.	Non conformités potentielles à la législation.								3 4 2	Sensibilisation Audit Renforcer le rôle et les moyens d'administration des PC pour empêcher l'installation non permise de logiciels. XXX	1	3	3	2	Contrôle périodique des logiciels implantés

Annexe A2 : Risques projet

N°	Date ou Phase	Facteur de risque ou situation à risques	Causes	Conséquences	Précurseurs et Traitements déjà existants dont moyens de détection ou d'alerte					G i	V i	C i	Actions de maîtrise des risques et Identification de l'autorité de décision de leur application	E	G r	V r	C r	Gestion du risque résiduel
					P	C	D	S										
RIC4	04/11/03	Retard de notification du contrat de vente	Retard dans la signature du contrat de vente	Retard Absence de moyens financiers								4 4 3	Préparation d'une réponse commerciale dans les plus brefs délais. YYY	2	4	3	2	
RIC3	04/11/03 28/04/04 29/07/04	Nouveauté de l'industriel dans l'activité	Volonté d'élargir le gisement des industriels consultés Participation de l'industriel à un groupement	Retard et surcoût								3 3 2	Intégration dans une organisation industrielle menée par un industriel majeur dans le domaine YYY	2	2	2	1	

Annexe A3 : Risques produit en conception et en exploitation

N°	Date ou Phase	Facteur de risque ou situation à risques	Causes	Conséquences	Précurseurs et Traitements déjà existants dont moyens de détection ou d'alerte		G i	V i	C i	Actions de maîtrise des risques et Identification de l'autorité de décision de leur application	E	G r	V r	C r	Gestion du risque résiduel	
					D	S										
Gnciv6	B	Rupture circuit hydraulique	Surpression	Fuite Détérioration des équipements Perte d'une ou toutes des fonctions						Alarme générée par le groupe de maintien de pression					Installation de groupe de maintien de pression. ZZZ	
			Corrosion													Essais d'épreuve. BBB
			Mauvaise mise en oeuvre													
RTM4	B	Incendie	Surintensité ou court-circuit	Détérioration des équipements et perte d'une ou toutes des fonctions					Détecteur incendie					Mise en place de disjoncteur ou fusible. ZZZ	2 3 3 2	