

 	<b>Réf. : SYS-NT-</b> <b>Edition : 1    Date : 21-05-15</b> <b>Révision : 2    Date : 26-06-15</b>
 	 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>

<b>NOTE D'ANALYSE DE RISQUE</b>
---------------------------------

<p><b>Résumé</b></p> <p>Ce document identifie les risques liés à la conception et aux opérations d'IGOSAT.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	Date	Signature
Préparé par : Stanislas Le Grelle	21/05/2015	
Approuvé par : Marco Agnan	26/06/2015	



Réf. :

Edition : 1

Date : 21-05-15

Révision : 2

Date : 26-06-15

Page : 2

## HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ed.	Rev.	Date	Modifications	Visa
1	1	21/05/2015	Création du document	
1	2	26/06/2015	Modification techniques d'atténuations	



## TABLES DES MATIERES

Liste des figures.....	4
<b>1. ANALYSE DE RISQUE.....</b>	<b>5</b>
4.1 Les étapes du plan de gestion des risques .....	5
4.2 Causes, PROBABILITE, conséquences et criticité.....	5
4.2 Gestion de risque du projet IGOSAT.....	8

---



## LISTE DES FIGURES

Tableau 1 : Etapes du plan de gestion des risques.....	p.5
Tableau 2 : Classement des probabilités d'occurrence .....	p.6
Tableau 3 : Critères de classement des conséquences.....	p.6
Tableau 4 : Graphe probabilité-conséquence.....	p.7
Tableau 5 : Risques opérations IGOSAT.....	p.8
Tableau 6 : Risques conception IGOSAT.....	p.8
Tableau 7 : Risque opérations IGOSAT CU-1.....	p.9
Tableau 8 : Risque opérations IGOSAT CU-2.....	p.9
Tableau 9 : Risque opérations IGOSAT SA-1.....	p.10
Tableau 10 : Risque opérations IGOSAT SA-2.....	p.10
Tableau 11 : Risque opérations IGOSAT DES.....	p.10
Tableau 12 : Risque conception IGOSAT SA-3.....	p.11
Tableau 13 : Risque conception IGOSAT COUT.....	p.11
Tableau 14 : Risque conception IGOSAT EDT.....	p.11
Tableau 15 : Risque conception IGOSAT ACQ.....	p.12
Tableau 16 : Probabilité et conséquence pour chaque risque IGOSAT.....	p.12
Tableau 17 : Graphe probabilité-conséquence IGOSAT Phase A.....	p.13
Tableau 18 : Techniques d'atténuation du risque opérations CU-1.....	p.13
Tableau 19 : Techniques d'atténuation du risque opérations CU-2.....	p.14
Tableau 20 : Techniques d'atténuation du risque opérations SA-1.....	p.14
Tableau 21 : Techniques d'atténuation du risque opérations SA-2.....	p.15
Tableau 22 : Techniques d'atténuation du risque opérations DES.....	p.15
Tableau 23 : Techniques d'atténuation du risque conception SA-3.....	p.15
Tableau 24 : Techniques d'atténuation du risque conception COUT.....	p.15
Tableau 25 : Techniques d'atténuation du risque conception EDT.....	p.16
Tableau 26 : Techniques d'atténuation du risque conception ACQ.....	p.16



## 1. ANALYSE DE RISQUE

L'analyse de risque fait partie intégrante de tout projet de grande envergure tel qu'un projet spatial. Cela permet de parer aux risques identifiés et de garantir la réussite du projet en termes de coût, de performance et de délai.

Nous nous sommes appuyés et inspiré pour cette analyse, sur le document intitulé « **Application of Risk Management to University CubeSat Missions** » de Mme Brumbaugh et M. Lightsey.

### 4.1 LES ETAPES DU PLAN DE GESTION DES RISQUES

Dans la mise en place d'un plan de gestion des risques, nous devons suivre les étapes suivantes :

- I) Identification des risques
- II) Détermination des techniques d'atténuation de ces risques
- III) Suivi des risques

Pour chacune de ces étapes, nous pouvons répertorier un certain nombre de sous-étapes qui sont reprises du document cités plus haut :

PRINCIPALES ETAPES	SOUS-ETAPES
I) Identification des risques	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Revoir le concept d'opérations</li> <li>2) Identifier les causes</li> <li>3) Classifier les risques par priorité</li> <li>4) Nommer une personne responsable</li> <li>5) Classer les probabilités et conséquences associées</li> <li>6) Donner les justifications du classement</li> <li>7) Donner les probabilités et conséquences</li> <li>8) Tracer le graphe associé</li> </ol>
II) Détermination des techniques d'atténuation	<p>4 possibilités :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Eviter le risque en éliminant la cause et/ou la conséquence</li> <li>2) Contrôler la cause ou la conséquence</li> <li>3) Transférer le risque sur quelqu'un d'autre ou sur un autre projet</li> <li>4) Assumer le risque et continuer le développement</li> </ol>
III) Suivi des risques	Suivre le graphe probabilité-conséquence et l'adapter à chaque revue pour analyser l'évolution

Tab 1 : Etapes du plan de gestion des risques

### 4.2 CAUSES, PROBABILITE, CONSEQUENCES ET CRITICITE

Les risques à identifier sont liés à plusieurs sources que l'on peut classer en trois catégories : logiciel, matériel et de programmation.

Parmi les sources logiciel et matériel, voici plus précisément la liste des origines possibles des risques :

- Spécifications
- Tests et évaluations
- Modélisation et Simulations
- Technologie
- Production et moyens
- Capacités industrielle



Concernant la programmation :

- Logistique
- Concurrence
- Coût
- Management
- Délais
- Facteurs externes
- Budget

Il s'agira ensuite, dans la mesure du possible, de désigner les personnes responsables de la prise en compte de chaque risque identifié.

Cette étape effectuée, nous classerons ces risques suivant leur niveau de probabilité d'occurrence et le niveau de conséquence que ces derniers impliquent s'ils ont lieu.

Les conséquences de ces risques issus des éléments cités au-dessus, sont liées aux performances techniques, aux délais et aux coûts qui forment le triptyque de tout projet.

Voici un tableau du département de défense américain concernant le classement des probabilités d'occurrence associées à un risque :

Niveau	Probabilité	Probabilité d'occurrence
1	Pas probable	~10 %
2	Peu probable	~30 %
3	Probable	~50 %
4	Très probable	~70 %
5	Irrémédiable	~90 %

Tab 2 : Classement des probabilités d'occurrence

Les conséquences de ces risques sont liées aux performances techniques, aux délais et aux coûts qui forment le triptyque de tout projet.

Ainsi, suivant les recommandations du document étudié, nous pouvons classer les conséquences comme suit :

Niveau	Technique	Délais	Coûts
1	Minimal ou aucune conséquence sur les performances techniques	Pas de changement	Pas de changement
2	Réduction mineure des performances techniques. Peut être toléré avec peu ou pas d'impact sur le programme	Retard < 2 mois	Augmentation < 10 K€
3	Réduction modérée des performances techniques avec un impact limité sur les objectifs du programme	Retard < 4 mois	Augmentation < 50 K€
4	Dégradation significative des performances techniques. Peut mettre en péril le succès du programme	Retard < 10 mois	Augmentation < 100 K€
5	Sévère dégradation des performances techniques ; met en danger le succès du programme	Retard > 10 mois	Augmentation > 100 K€

Tab 3 : Critères de classement des conséquences

Des justifications seront données pour chaque choix effectué.

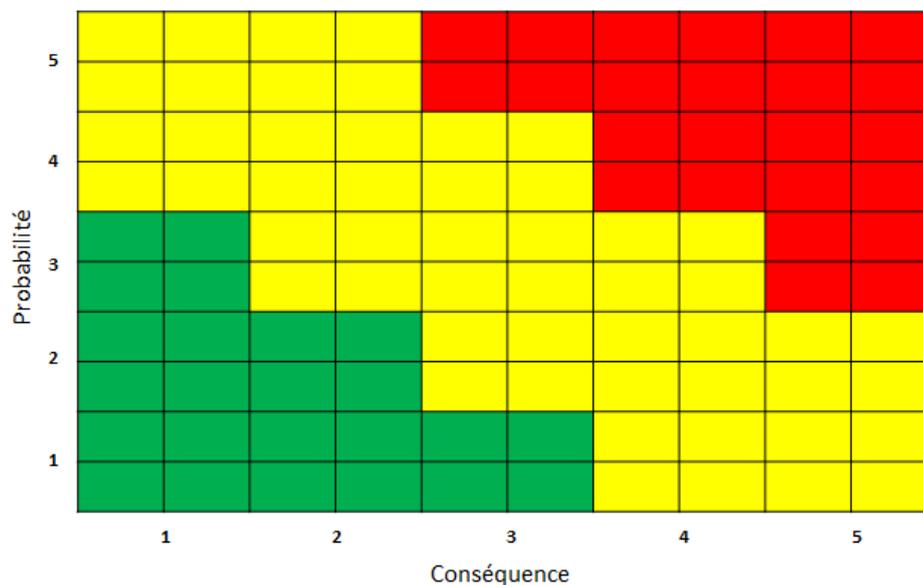


Ensuite, il nous faudra classer leurs priorités de traitement. Pour ce faire, nous définissons la gravité associée à un risque, qui est égale au produit du niveau de probabilité par le niveau de gravité des conséquences :

$$\text{GRAVITE} = \text{PROBABILITE} * \text{CONSEQUENCE}$$

Puisqu'un risque peut avoir plusieurs causes, nous calculerons la moyenne associée d'une part à la probabilité et d'autre part à la conséquence, en pondérant par le coefficient de gravité associé. Ainsi, nous pourrions associer une valeur de probabilité-conséquence à un risque.

Ceci étant fait, nous pouvons placer le risque dans un graphe de probabilité-conséquence tels que celui-ci :



Tab 4 : Graphe probabilité-conséquence

Après avoir identifié les risques et les causes de ces derniers, nous devons mettre en place un plan de gestion des risques. Selon le ministère de la Défense Américain, cette gestion correspond à la sélection de l'option qui équilibre les coûts et les performances du projet.

La philosophie adoptée pourra s'appuyer sur 4 approches possibles :

- 1) Eviter le risque en éliminant la cause et/ou la conséquence
- 2) Contrôler la cause ou la conséquence
- 3) Transférer le risque à une autre personne ou à un autre projet
- 4) Assumer le risque et poursuivre le développement

Tout au long du projet, il faudra suivre cette analyse de risque et l'adapter à chaque revue de fin de phase.



## 4.2 GESTION DE RISQUE DU PROJET IGOSAT

On se rend compte qu'il existe un nombre très importants de risque que nous pourrions identifier et tâcher de traiter. Ces risques sont à toutes les phases du cycle de vie du projet, présents. Dans le cadre de notre projet CubeSat, nous identifierons les risques en opération ainsi que les risques au niveau de la conception.

Ainsi, la question posée est la suivante : qu'est ce qui pourrait potentiellement causer le dysfonctionnement de la mission ?

Ces risques missions sont de hauts niveaux et ceux au niveau des sous-systèmes et des composants s'apparentent davantage aux causes associées.

Les deux missions d'IGOSAT sont ici rappelées brièvement :

- Mesure le TEC de l'ionosphère par radio-occultation de signaux GPS L1 et L2 à partir de l'instrument GPS
- Mesurer les spectres de rayonnement de rayons gamma et d'électrons aux pôles et au niveau de la SAA à l'aide de l'instrument SCI, un scintillateur.

Ainsi, le succès de la mission repose sur la collecte de ces informations scientifiques, sur la collecte d'informations de « santé » du satellite et sur la transmission au sol de ces données.

Au cours de la mission d'IGOSAT, plusieurs risques, similaires à ceux identifiés pour la mission du nanosatellite ARMADILLO décrit dans l'article, peuvent être relevés.

Catégorie du risque	Appellation	Nature du risque
Charge utile	CU-1	Echec de la récupération de données scientifiques GPS
Charge utile	CU-2	Echec de la récupération de données scientifiques SCI
Satellite	SA-1	Incapacité à communiquer avec le satellite
Satellite	SA-2	Echec de la récupération des données d'housekeeping
Désorbitation	DES	Incapacité à respecter la LOS

Tab 5 : Risques opérations IGOSAT

Catégorie du risque	Appellation	Nature du risque
Satellite	SA-3	Incapacité à respecter les standards imposés
Coût	COUT	Coût de la mission trop élevé pour poursuivre
Délais	EDT	Incapacité à respecter les délais
Documentation	ACQ	Incapacité à transmettre les acquis tout au long du projet

Tab 6 : Risques conception IGOSAT



Pour chacun de ces risques, nous allons tâcher d'en identifier les principales causes d'émergence :

<b>Echec de la récupération de données scientifiques GPS</b>					
<b>Cause</b>	<b>Personne responsable</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Criticité</b>	<b>Justification</b>
Problème alimentation électrique	SAE	2	4	8	Mauvaise gestion énergie
Impossibilité de maintenir l'attitude mission	SCA	2	4	8	Code maison ou défaut carte actionneur / capteur
Perte des données acquises	ODB	2	3	6	Mauvaise gestion des données et/ou environnement spatial
Température de la carte trop élevée	ODB	2	2	4	Fonctionnement trop long / Exposition de l'antenne au soleil
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2</b>	<b>3.46</b>		

Tab 7 : Risque opérations IGOSAT CU-1

<b>Echec de la récupération de données scientifiques SCI</b>					
<b>Cause</b>	<b>Personne responsable</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Criticité</b>	<b>Justification</b>
Température non adaptée du SiPM	ODB	3	4	12	Fonctionnement trop long / batterie utilisées trop longtemps
Erreur de conception de la carte	SCI	2	4	8	Carte maison
Problème alimentation électrique	SAE	2	4	8	Mauvaise gestion énergie
Perte de données acquises	ODB	2	3	6	Mauvaise gestion des données et/ou environnement spatial
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2.35</b>	<b>3.82</b>		

Tab 8 : Risque opérations IGOSAT CU-2



<b>Incapacité à communiquer avec le satellite</b>					
<b>Cause</b>	<b>Personne responsable</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Criticité</b>	<b>Justification</b>
Manque de personnel à la station sol	SOL	3	4	12	Manque de personnel / complexité de la gestion des opérations
Carte de télécommunication défectueuse	TEL	2	5	10	Température trop élevée / Environnement spatial
Pas suffisamment de puissance disponible	SAE	3	3	9	Mode de consommation maximale / Mode survie
Pertes trop importantes	SOL	2	3	6	Orbito / tracking / chaîne de réception/ transmission des données défectueuse
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2.56</b>	<b>3.86</b>		

Tab 9 : Risque opérations IGOSAT SA-1

<b>Echec de la récupération des données d'housekeeping</b>					
<b>Cause</b>	<b>Personne responsable</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Criticité</b>	<b>Justification</b>
Récupération partielle des données capteurs	ODB	3	2	6	Fait maison
Perte de données acquises	ODB	2	3	6	Mauvaise gestion des données et/ou environnement spatial
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2.5</b>	<b>2.5</b>		

Tab 10 : Risque opérations IGOSAT SA-2

<b>Incapacité à respecter la LOS</b>					
<b>Cause</b>	<b>Personne responsable</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Criticité</b>	<b>Justification</b>
Mauvaise mise en orbite	LANCEUR	1	5	10	Problème de conception lanceur
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>1</b>	<b>5</b>		

Tab 11 : Risque opérations IGOSAT DES



***Incapacité à respecter les standards imposés***

Cause	Personne responsable	Probabilité	Conséquence	Criticité	Justification
Pas de sensibilisation des équipes	PRO	1	4	4	Mauvaise communication
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>1</b>	<b>4</b>		

Tab 12 : Risque conception IGOSAT SA-3

***Coût de la mission trop élevé pour poursuivre***

Cause	Personne responsable	Probabilité	Conséquence	Criticité	Justification
Mauvais suivi des coûts	PRO	3	4	12	Organisation projet
Coût de développement SCI trop élevé	SCI	3	4	12	Fait maison + démonstration technologique
Rupture des financements	PRO	2	5	10	Politique
Coût de développement SAE trop élevé	SAE	2	3	6	Fait maison
Coût de développement SCA trop élevé	SCA	2	3	6	Fait maison
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2.52</b>	<b>3.95</b>		

Tab 13 : Risque conception IGOSAT COUT

***Incapacité à respecter les délais***

Cause	Personne responsable	Probabilité	Conséquence	Criticité	Justification
Non obtention des équipements	PRO	3	3	9	Gestion du calendrier et des fournisseurs
Pas assez d'étudiants sur le projet	PRO	2	4	8	Mauvaise méthode de recrutement et/ou désintéressement des étudiants
Incohérence des work-packages	PRO	2	4	8	Mauvais découpage des tâches et activités du projet
Incapacité à avoir accès aux infrastructures de tests et d'intégration	PRO	2	3	6	Accès impossible ou coûts trop importants ou délais trop importants
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>2.29</b>	<b>3.57</b>		

Tab 14 : Risque conception IGOSAT EDT



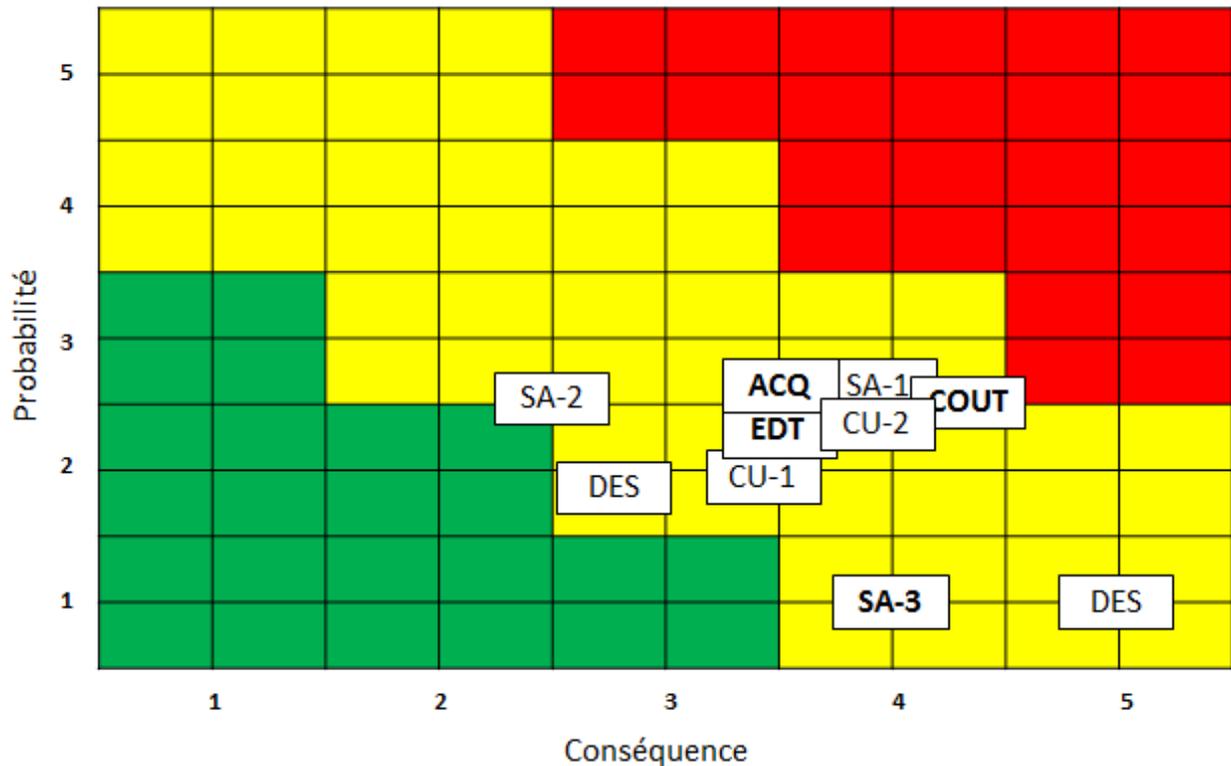
***Incapacité à transmettre les acquis tout au long du projet***

Cause	Personne responsable	Probabilité	Conséquence	Criticité	Justification
Pas de dialogue entre équipes successives	PRO	4	3	12	Fort turn over des équipes et grande mobilité des étudiants
Mauvaise gestion de la documentation	PRO	2	4	8	Production importante de documentation et fort turn over des équipes
<b>BILAN MOYENNE</b>		<b>3.2</b>	<b>3.4</b>		

Tab 15 : Risque conception IGOSAT ACQ

Catégorie du risque	Appellation	Nature du risque	Probabilité	Conséquence
Charge utile	CU-1	Echec de la récupération de données scientifiques GPS	2	3.46
Charge utile	CU-2	Echec de la récupération de données scientifiques SCI	2.35	3.82
Satellite	SA-1	Incapacité à communiquer avec le satellite	2.56	3.86
Satellite	SA-2	Echec de la récupération des données d'housekeeping	2.5	2.5
Désorbitation	DES	Incapacité à respecter la LOS	1	5
Satellite	SA-3	Incapacité à respecter les standards imposés	1	4
Coût	COUT	Coût de la mission trop élevé pour poursuivre	2.52	3.95
Délais	EDT	Incapacité à respecter les délais	2.29	3.57
Documentation	ACQ	Incapacité à transmettre les acquis tout au long du projet	3.2	3.4

Tab 16 : Probabilité et conséquence pour chaque risque IGOSAT



Tab 17 : Graphe probabilité-conséquence IGOSAT phase A

Causes	Tactique d'atténuation risque : Echec de la récupération de données scientifiques GPS			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
<b>Problème alimentation électrique</b>	Campagne de tests des cartes + mise en place d'un plan de gestion de l'énergie bord			
<b>Impossibilité de maintenir l'attitude mission</b>	Campagne de tests des cartes	Mise en place du mode dégradé		
<b>Perte des données acquises</b>	Plan de gestion des données mémoires / partition de la mémoire	Mise en place du mode dégradé		Peu d'importance sur une orbite
<b>Température de la carte trop élevée</b>	Vérification régulière de la température de la carte + planning de fonctionnement du GPS	Arrêt de la carte		La gamme de température de fonctionnement de la carte est très élevée

Tab 18 : Techniques d'atténuation du risque mission CU-1



Causes	Tactique d'atténuation risque : Echec de la récupération de données scientifiques SCI			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
<b>Température non adaptée du SiPM</b>	Fournir des études thermiques plus poussées sous THERMICA + contrôle actif de la température du SiPM	Arrêt de la carte		
<b>Erreur de conception de la carte</b>	Campagne de tests de la carte	Mise en place du mode dégradé		
<b>Problème alimentation électrique</b>	Campagne de tests de la carte	Mise en place du mode dégradé		
<b>Perte de données acquises</b>	Plan de gestion des données mémoires / partition de la mémoire	Mise en place du mode dégradé		Peu d'importance sur une orbite

Tab 19 : Techniques d'atténuation du risque mission CU-2

Causes	Tactique d'atténuation risque : Incapacité à communiquer avec le satellite			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
<b>Manque de personnel à la station sol</b>	Mise en place d'un plan de management des opérations	Programmer un plan de vol pour 1 semaine ou plus		
<b>Carte de télécommunication défectueuse</b>	Campagne de tests de la carte	Mise en place du mode dégradé	Carte COTS	
<b>Pas suffisamment de puissance disponible</b>	Mise en place d'un plan de gestion de l'énergie bord	Récupérer simplement les données HK si possible ou attendre prochaine visibilité		
<b>Pertes trop importantes</b>	Fournir des bilans de liaisons plus approfondis	Contrôler la chaîne de réception, en particulier le LNA		

Tab 20 : Techniques d'atténuation du risque mission SA-1



Causes	Tactique d'atténuation risque : Echec de la récupération des données d'housekeeping			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
Récupération partielle des données capteurs	Campagne de tests + redondance de capteurs			Compte tenu du grand nombre d'observables, cela ne devrait pas être critique
Perte de données acquises	Plan de gestion des données mémoires			

Tab 21 : Techniques d'atténuation du risque mission SA-2

Causes	Tactique d'atténuation risque : Incapacité à respecter la LOS			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
Mauvaise mise en orbite			Responsabilité du lanceur	

Tab 22 : Techniques d'atténuation du risque mission DES

Causes	Tactique d'atténuation risque : Incapacité à respecter les standards imposés			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
Pas de sensibilisation des équipes	Explications dès le début des travaux + mise à disposition des documents concernés	Utilisation de la CubeSat Acceptance checklist		

Tab 23 : Techniques d'atténuation du risque mission SA-3

Causes	Tactique d'atténuation risque : Coût de la mission trop élevé pour poursuivre			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
Mauvais suivi des coûts	Mise en place de la gestion des coûts			
Coût de développement SCI trop élevé	Etude approfondie des solutions technologiques + prévision des coûts et suivi			
Rupture des financements	Communication avec les différentes entités			
Coût de développement SAE trop élevé	Etude approfondie des solutions technologiques+ prévision des coûts et suivi			
Coût de développement SCA trop élevé	Etude approfondie des solutions technologiques + prévision des coûts et suivi			

Tab 24 : Techniques d'atténuation du risque mission COUT



Causes	Tactique d'atténuation risque : Incapacité à respecter les délais			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
<b>Non obtention des équipements</b>	Plan de gestion des commandes + anticipation des commandes + commandes en France			
<b>Pas assez d'étudiants sur le projet</b>	Gestion des stages + communication avec un panel d'équipes pédagogiques + communication externe	Mise en place d'une stratégie de travail sur les work-packages prioritaires		
<b>Incohérence des work-packages</b>	Réflexions en amont des besoins sur le projet + réaliser des work-packages les plus généralistes possibles			
<b>Incapacité à avoir accès aux infrastructures de tests et d'intégration</b>	Réflexions en amont des besoins en tests et en intégration			

Tab 25 : Techniques d'atténuation du risque mission EDT

Causes	Tactique d'atténuation risque : Incapacité à transmettre les acquis tout au long du projet			
	<i>Eviter</i>	<i>Contrôler</i>	<i>Transférer</i>	<i>Assumer</i>
<b>Pas de dialogue entre équipes successives</b>	Organisation de meetings de mise en relation et de mise au point	Garantir un accès aux coordonnées des équipes		
<b>Mauvaise gestion de la documentation</b>	Plan de gestion de la documentation	Regroupement sur la Forge des derniers documents importants		

Tab 26 : Techniques d'atténuation du risque mission ACQ

Cette analyse de risque devra être suivie tout au long de la phase B et une nouvelle analyse du graphe probabilité-conséquence devra être effectuée.