

La gestion des risques techniques et technologiques au sein des consortiums scientifiques

Axelle Vanhaecke

 <http://interfas.univ-tlse2.fr/nacelles/2381>

Référence électronique

Axelle Vanhaecke, « La gestion des risques techniques et technologiques au sein des consortiums scientifiques », *Nacelles* [En ligne], 15 | 2026, mis en ligne le 28 janvier 2026, consulté le 14 avril 2026. URL : <http://interfas.univ-tlse2.fr/nacelles/2381>

La gestion des risques techniques et technologiques au sein des consortiums scientifiques

Axelle Vanhaecke

PLAN

1. Les missions spatiales : des organisations à hauts risques techniques et technologiques
 2. Une volonté de limiter les risques liés à l'instrumentation
 3. L'instrument NISP : une gestion différenciée des risques
 4. La documentation comme remède aux dysfonctionnements ?
- Conclusion

TEXTE

- 1 Ces dernières années, un regain d'intérêt pour le secteur spatial a été constaté. Il se traduit par une forte médiatisation de certaines missions, telles que *Persévérance*¹ et celles de Thomas Pesquet à bord de l'*International Space Station* (ISS) en 2016 et 2021². Le secteur spatial connaît également un « renouveau organisationnel » qui marque une nouvelle ère de l'exploration spatiale : le *New Space*. Cela se caractérise notamment par une augmentation des investissements privés et une tendance à la commercialisation de l'espace dans un domaine qui jusque-là était historiquement lié au secteur public³.
- 2 Les recherches dans ce domaine sont abondantes en histoire, mais un peu moins nombreuses en sociologie et en anthropologie. Les travaux existants évoquent, entre autres, l'histoire et l'organisation interne du conseil d'administration du Centre national d'études spatiales (CNES) ainsi que sa décentralisation à Toulouse⁴. L'organisation et la coopération au sein de l'*European Space Agency* (ESA) ont été étudiées par Stacia Zabusky⁵. Par ailleurs Diane Vaughan⁶ a travaillé sur les raisons qui ont mené à la catastrophe de la mission *Challenger* en 1985, et a montré une normalisation de la déviance au sein de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Janet Vertesi⁷ s'est intéressée, elle, aux liens qui existent entre les organisations et

les connaissances, en d'autres termes, comment l'organisation d'une mission de la NASA va avoir un effet sur la production des connaissances. Tandis que l'étude de Julie Patarin-Jossec⁸ porte sur le corps des astronautes prenant part à l'ISS. Des travaux se sont également focalisés sur le *New Space*⁹.

- 3 Ces travaux s'inscrivent dans une vision du secteur spatial comme expression de la *Big Science*¹⁰ qui désigne une organisation de la recherche conjuguant l'implication de chercheurs toujours plus nombreux, de budgets toujours plus importants et de programmes toujours plus internationaux. Ces dernières décennies, les coopérations scientifiques – contribuant aux missions de l'*European Space Agency* (ESA) – ont également crû en termes de taille. Se pose dès lors la question de la gestion des risques au sein de ces organisations toujours plus internationales et regroupant toujours plus de membres. En d'autres termes, comment les risques techniques et technologiques sont identifiés et traités dans des systèmes complexes à couplages forts où les possibilités de réparations sont impossibles une fois que le satellite a été lancé.
- 4 Les deux missions scientifiques, dont nous nous proposons d'étudier les spécificités, sont *Euclid* et *NewAthena* par le biais des consortiums scientifiques *Euclid* et *X-IFU*. *Euclid* est une mission moyenne et *NewAthena* une mission large du programme *Cosmic Vision* de l'ESA. Si elles se situent dans des temporalités organisationnelles différentes¹¹, ces deux consortiums témoignent d'une volonté d'eupéanisation des politiques spatiales (traité de Lisbonne, 2007) dont l'objectif est de faire de l'Union européenne une puissance spatiale en capacité de concurrencer les États-Unis, la Chine et la Russie¹². Ils ne comptent pas le même nombre de membres et n'impliquent pas exactement les mêmes communautés¹³. Cet article s'inscrit dans une recherche plus large portant sur l'étude des consortiums scientifiques au niveau organisationnel et culturel. La méthodologie repose principalement sur des entretiens semi-directifs (48), des observations participantes ainsi que sur l'analyse de documents relatifs à l'organisation de ces consortiums. Les entretiens ont été effectués dans des instituts à Durham, Édimbourg, Londres, Lyon, Milan, Paris, Pasadena et Toulouse.
- 5 Les missions spatiales sont donc des entreprises porteuses de nombreuses incertitudes. La qualification et la gestion des risques, au sein

des consortiums scientifiques, deviennent donc centrales. Les questions liées aux risques, dans une coopération scientifique internationale, s'y posent avec une grande importance. Ces projets de missions spatiales impliquent des membres géographiquement dispersés, où les incertitudes scientifiques, technologiques et techniques, sont importantes. Ces missions scientifiques s'inscrivent également dans un temps très long – entre le montage du projet, l'acceptation par l'institution décisionnaire, le développement du satellite (et des outils), l'envoi du satellite et la période de réception/traitement des données. Il se pose alors la question de la gestion des risques au sein de ces organisations. La volonté de réduire et de limiter les dysfonctionnements inhérents à ce type de projet sera ici l'objet.

1. Les missions spatiales : des organisations à hauts risques techniques et technologiques

- 6 S'intéresser à la gestion des risques, dans les projets de missions scientifiques de l'ESA, implique de se pencher sur la littérature scientifique entourant les technologies à risques. Ces études regroupent deux théories majeures : la théorie de la haute fiabilité (*High Reliability Theory* [HTR]) et celle de l'accident normal (*Normal Theory Accident* [NAT]). Pour résumer les grandes lignes de ces deux courants théoriques, la HTR considère que la sécurisation des systèmes à risques est possible lorsque la sécurité est mise au premier plan. La NAT, quant à elle, part du principe que les accidents graves sont inévitables – peu importent les efforts mis en place pour les éviter. Dans cette approche théorisée par Scott Sagan¹⁴ et portée, entre autres, par Charles Perrow¹⁵, la normalité et l'inévitabilité des accidents sont liées à la complexité des systèmes où des petites erreurs se propagent en erreurs majeures malgré les dispositifs mis en place afin de les éviter. Les catastrophes sont, par conséquent, normales car inhérentes aux systèmes. Cependant, les incidents restent les perturbations les plus courantes alors que les accidents (ou catastrophes) sont des événements qui demeurent relativement rares.
- 7 L'histoire de la conquête spatiale a été jalonnée d'un certain nombre de catastrophes dont celle de la navette Challenger. Le 28 jan-

vier 1986, son explosion coûta la vie à l'ensemble de son équipage. Cet accident est le résultat d'un défaut des O-rings – lié aux températures basses précédant le lancement. Les O-rings ne remplirent plus leur rôle de joint ce qui a permis à des flammes de pénétrer dans le booster de la fusée et de rentrer en contact avec l'hydrogène et l'oxygène. L'enquête mit en lumière que, la veille du lancement, des ingénieurs avaient été contre la poursuite du lancement car ils considéraient que les O-rings représentaient une menace pour la sécurité du vol. La commission en charge de l'enquête en déduit que la décision de maintenir le lancement était en lien avec un défaut dans le processus décisionnel.

- 8 Les analyses, proposées par D. Vaughan¹⁶ et H. E. McCurdy, ont permis de fournir deux lectures différentes d'un même événement. H. E. McCurdy¹⁷ a, pour sa part, relié cette catastrophe à la théorie du cycle de vie des bureaucraties, de leurs naissances, leurs expansions et leurs déclin – tel que théorisé par Anthony Downs¹⁸. Il considérait que cet événement était lié au processus de déclin à l'œuvre au sein de la NASA. La recherche de D. Vaughan a, quant à elle, mis en avant une acceptation accrue des dysfonctionnements qui, *in fine*, mena à cette explosion. Elle a décrit ce phénomène comme étant en lien avec « une normalisation de la déviance ». Ainsi, en mêlant la sociologie de la déviance à celle des organisations, elle a démontré que l'accumulation et la normalisation de pratiques déviantes au sein de l'organisation ont conduit à cette catastrophe.
- 9 Bien que les missions scientifiques ne soient pas porteuses de risques pouvant entraîner des conséquences aussi tragiques, elles demeurent des organisations complexes et à hauts risques. La survenue d'accidents et/ou d'incidents pourrait toutefois avoir des répercussions financières et des conséquences sur la réputation et la crédibilité des différentes organisations y participant. En effet, bien que le risque lié à la réputation (*reputational risk*) soit un risque purement social, il demeure que sa gestion est devenue centrale pour ces organisations – au même titre que les autres formes de risques (financiers, techniques, etc.)¹⁹. Les deux analyses, proposées par H. E. McCurdy et D. Vaughan permettent donc de mieux saisir les enjeux autour de ces organisations ainsi que les structures, les réglementations et les processus qui les sous-tendent. Cependant, l'approche de l'accident normal – dans laquelle s'inscrirait la recherche de D. Vaughan – est celle

que nous privilégierons dans cet article. Les organisations ont beau se doter de procédures pour limiter les risques d'accidents et d'incidents, les défaillances surviennent tout de même. Il sera question, ici, de comprendre la gestion des risques ainsi que les procédures et dispositifs mis en place pour réguler les activités.

2. Une volonté de limiter les risques liés à l'instrumentation

- 10 Au sein du consortium Euclid, la gestion des risques – et donc leur évaluation – est effectuée sur le plan managérial et à celui du système. À cet effet, un registre des risques a été mis en place et sera tenu à jour tout au long du projet. Des mesures d'atténuation seront prises si le niveau de risque n'est pas considéré comme acceptable. Le consortium doit, par conséquent, se doter de moyens afin de qualifier, mais aussi de hiérarchiser les risques. Lors d'une réunion au CNES sur les contributions françaises, nous avons pu constater qu'un grand nombre de risques tournaient autour des ressources humaines que ce soit dû à des remplacements (les nouveaux arrivants mettraient du temps pour comprendre l'organisation et être efficaces), à des départs non remplacés, à un manque de personnel ou à un manque de visibilité sur la main-d'œuvre des partenaires.
- 11 Néanmoins, la perception et l'acceptation du risque proviennent aussi de facteurs culturels et sociaux²⁰. La notion de risque signifie des choses différentes selon les individus, mais également les professions qu'ils exercent. À titre d'exemple, les ingénieurs qualitatifs n'en auront pas la même perception et acceptation que d'autres professions du secteur spatial. Dans les consortiums scientifiques, les qualitatifs ont pour principal objectif de participer à la limitation des risques liés à la mission – qu'ils soient techniques, instrumentaux ou scientifiques. Au sein du consortium, Euclid, le groupe PA/QA (*Product Assurance and Quality Assurance*) du segment sol est donc là pour prendre en charge et limiter tous les risques liés au logiciel qui permettra le traitement des données :

Souvent on réduit la qualité à : s'il manque une virgule ou répond au document type. Mais c'est plus important, c'est l'extraction et l'amélioration des documents. Notre but, c'est qu'en 2022 [la date du lan-

cement d'Euclid à ce moment-là], on doit être sûr que le segment soit très bon et, pour cela, on doit être sûr des exigences, et même si c'est rarement le cas qu'il soit parfait, c'est le but. [...] le but c'est d'être prêt avant le tir, c'est une obsession, à chaque review, on voit ce qui est fait et ce qui reste à faire. Notre peur c'est qu'il manquerait un gros travail attendu par l'ESA. [...] Par exemple, on peut avoir un bon code mais qui manque de test unitaire. C'est une vérification d'une portion de code pour voir s'il fonctionne bien sans regarder les exigences scientifiques. C'est un truc très technique qui teste toutes les fonctions et permet d'avoir une très bonne idée de la qualité du code. Quand cela est fait et dit que c'est bon, alors le logiciel est prêt à faire le travail. Cela permet d'avoir moins de risques, d'avoir moins de bugs car les logiciels peuvent avoir des bugs invisibles et on les voit quand le mal est fait et pour trouver l'origine du bug ça prend du temps et ça peut créer des tensions entre les entités comme le CNES et les labos et aussi entre les développeurs.²¹

- 12 Dans cet extrait d'entretien, l'enquête fait référence aux risques liés au développement du logiciel de traitement de données. Il aborde l'importance de la vérification des codes développés en termes de qualité et d'exigences de ces derniers. Cela permet de limiter les risques que le logiciel ne fonctionne pas comme il le devrait, au moment de la réception des données, et donc de retarder ou fausser leur analyse.
- 13 Dans cette visée de limitation des risques techniques et technologiques, différents prototypes de l'engin spatial sont fabriqués en amont du modèle de vol (*Flight Model* [FM]). Nous comptons deux autres types : l'*Engineering Model* (EM) et le *Qualification Model* (QM) qui sont des prototypes du modèle final. Ce processus de construction permet de limiter les risques sur l'appareil qui sera envoyé dans l'espace comme en témoigne l'extrait suivant, réalisé auprès d'un ingénieur de recherche.

Le modèle de qualification doit être le plus proche possible de celui envoyé dans l'espace. Il est soumis à des essais où il subit d'importants traumatismes pour voir s'il le supporte, le modèle de vol en subira aussi mais moins forts pour être sûr d'avoir une marge. [...] C'est la gestion quotidienne de choses pas parfaites. Ce qui est énormément important c'est l'assurance qualité. On ouvre une fiche et, pour clore l'incident, ça monte dans la hiérarchie. Il y a une grande partie

de l'effort sur l'histoire qualité et plus on fait des modèles avant celui de vol, plus un certain nombre de problèmes apparaissent sur les modèles préliminaires. Ça permet que le modèle qui va voler aura moins de problèmes.²²

- 14 En effet, les anomalies relevées sur les différents prototypes (EM, QM et FM) sont de deux types. Elles sont soit liées à la production soit au fonctionnement et à la performance de l'instrument. Lorsque nous regardons l'évolution de ces anomalies, celles-ci diminuent fortement de modèle en modèle – pour limiter les risques induits par l'instrumentation. Il est à noter que les anomalies relevées pour l'EM sont majoritairement liées à la production alors qu'elles sont surtout liées au fonctionnement et à la performance pour le modèle de qualification. Le modèle de vol montrera certaines anomalies – surtout liées au fonctionnement et à la performance – mais significativement moins que les autres. Cette volonté de limiter les risques de défectuosité est liée au fait qu'une fois le satellite lancé les réparations seront impossibles. Il convient toutefois de noter que des ajustements des instruments resteront possibles afin d'atténuer les répercussions sur les données en cas de défaillances de certaines fonctions.
- 15 Cette logique de limitation des risques instrumentaux se retrouve, au préalable, dans le choix des composants utilisés. Ces éléments doivent passer des tests de qualification s'ils ne sont pas déjà qualifiés pour le spatial. Le processus entourant le choix des composants qui seront utilisés, est expliqué dans l'extrait d'entretien suivant, réalisé avec un ingénieur du consortium X-IFU :

De base, le développement du circuit électronique nous restreint beaucoup pour choisir les composants. On cherche les références qualifiées, les références spatiales. S'ils ne sont pas assez bons, on prend du plus contraignant et on descend :

Spatial

Militaire

Commerce

Quand nous ne le développons pas nous-mêmes, ce qui était le cas, on utilise celui du commerce et si la composante est meilleure, là on décide de partir vers la qualification c'est-à-dire le test de radiation, si ça ne passe pas c'est mort, on voit si ça s'est dégradé. Ce test-là sert pour savoir si on reste sur ce composant, s'il passe le premier

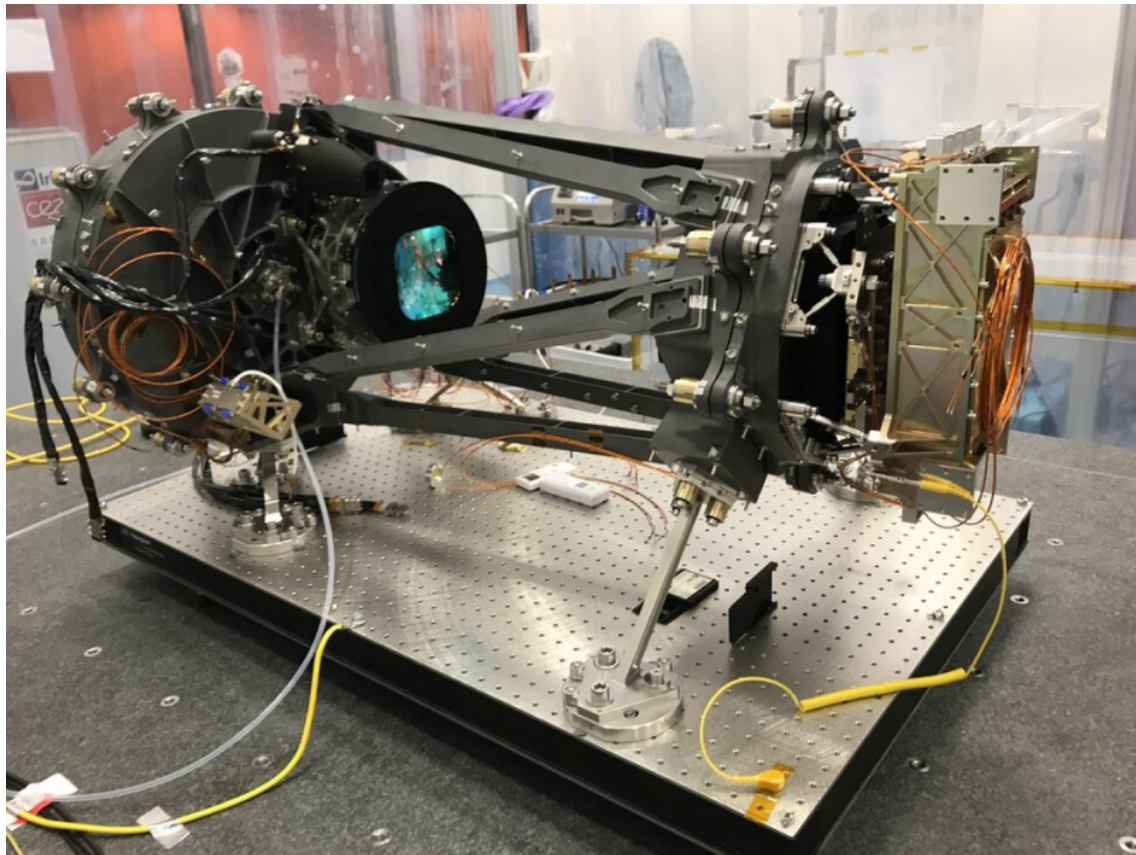
test de radiation alors il pourra devenir la baseline et après on lui fait passer les tests thermiques, vibrations et électroniques.²³

- 16 Cet extrait permet de saisir les logiques associées au choix des composants qui doivent suivre un cheminement plutôt strict. Pour développer un instrument, les ingénieurs et techniciens vont en premier lieu chercher ceux qui ont déjà été qualifiés pour le milieu spatial – c'est-à-dire qui sont en capacité d'y « survivre ». Si le composant dont ils ont besoin n'existe pas pour les activités spatiales, ils vont les chercher dans ceux qualifiés pour les activités militaires et en dernier lieu dans ceux du commerce. Dans ces cas-là, ils doivent leur faire passer à chacun une série de tests afin de s'assurer de sa capacité à résister dans l'espace et ainsi limiter les risques de défaillance liés à l'instrumentation. Cependant, cet objectif visant à limiter les risques n'est pas synonyme de risques zéro malgré toutes les précautions qui sont prises durant la conception et le développement des instruments mais aussi l'incorporation de ceux-ci dans la structure du satellite.

3. L'instrument NISP : une gestion différenciée des risques

- 17 Le cas de l'instrument *Near Infrared Spectrometer and Photometer* (NISP) de la mission *Euclid* est intéressant pour comprendre la gestion de risques qui lui sont liés dans les missions scientifiques de l'*European Space Agency*. NISP est l'un des principaux instruments qui composent le satellite *Euclid* avec VIS.

Figure 1



L'instrument NISP ²⁴

ESA

- 18 Lors de la phase de test du modèle de vol différents problèmes ont été repérés concernant les performances de l'instrument NISP. En effet, le test dans des conditions de vide et de froid – qui a suivi son intégration dans le *Payload Model (PLM)* ²⁵ d'Euclid – a révélé une anomalie au niveau de sa caméra puisqu'elle a cessé de fonctionner. Ce test est réalisé une fois que l'instrument est intégré à la structure du satellite, il permet d'en mesurer la performance dans des conditions dites « réelles » c'est-à-dire au plus proche de celles auxquelles il sera confronté dans l'espace. De façon à mener à bien ce test, l'instrument est placé dans une chambre à vide thermique semblable à celle ci-dessous – qui a été utilisée pour tester le PLM d'Euclid en 2021 à Liège.

Figure 2



Chambre à vide thermique²⁶

CLS/ESA

- 19 Le problème rencontré par l'instrument est expliqué de la manière suivante par le *Senior Instrument Engineer* d'Euclid à l'ESA :

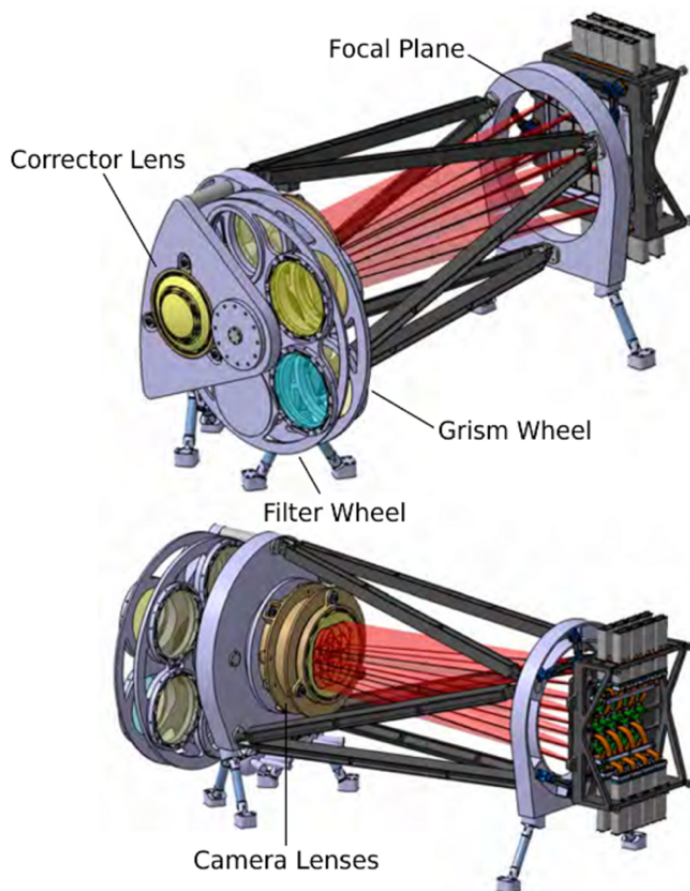
Imagine having a nice digital camera. You take a picture; the image is good and you want to take another. But as you try to do that, the camera control is no longer responding: you cannot set the exposure, or release the shutter. The only way to take another picture is to restart, but after taking another picture the problem reoccurs²⁷.

- 20 Ce dysfonctionnement disparaissait lorsque l'instrument était placé à température ambiante. L'ESA décida donc de mettre en place une *Tiger Team* de sorte à comprendre l'origine du problème. Une *Tiger Team* est une équipe éphémère de différents spécialistes – ici des personnes de l'ESA et issus de l'industrie spatiale – qui ont pour objectif de résoudre un problème précis. Dans le cas de la caméra, il s'est avéré que le problème ne venait pas de l'instrument mais d'un bug du logiciel qui a été réparé par la suite. Ce bug n'avait pas d'effets dans les conditions « terrestres » mais il avait été amplifié par la forte baisse de la température lors des tests. Ces différents tests per-

mettent donc d'anticiper des dysfonctionnements qui ne se seraient pas produits dans des conditions « normales » mais qui se seraient révélés dans des conditions plus extrêmes.

- 21 Néanmoins, tous les dysfonctionnements ne connaissent pas la même trajectoire que celui de la caméra. L'exemple suivant permet de mettre en lumière la gestion d'un risque instrumental lié à la construction de l'instrument. Une autre partie de NISP ne fonctionnerait pas comme elle l'aurait dû, cela concernait les GRISMs (*grating prism*) – qui sont reliés à la partie spectrométrique de l'instrument. Le GRISM « est un appareil d'optique constitué d'un réseau et d'un prisme à angle droit²⁸ ». L'instrument NISP est doté de quatre différents GRISMs pour pouvoir faire des observations dans le rouge et dans le bleu.

Figure 3



L'instrument NISP et les GRISMs²⁹

Euclid consortium

- 22 Le dysfonctionnement touchait un des GRISMs qui avait un défaut de fabrication. Une *Tiger Team* a également été mise en place et de nombreuses simulations ont été réalisées afin d'estimer les effets sur les aspects scientifiques de la mission que ce défaut pouvait avoir. Très vite, la question de la construction d'un nouveau GRISM a été écartée par l'ESA car cela aurait eu un effet conséquent – en termes de retard – pour la mission mais aussi en termes de risques. En effet, lorsqu'une pièce du satellite est changée, les risques d'endommager d'autres parties dans le processus sont augmentés. Cela représente également un coût temporel et financier pour la mission. De ce fait, la seule raison, pour l'Agence spatiale européenne, qui aurait pu justifier de démonter l'instrument pour remplacer le GRISM aurait été que les objectifs scientifiques ne puissent pas être atteints. Après plusieurs tests et simulations, il a été décidé que celui défaillant ne serait pas utilisé et qu'il y aurait un ajustement des autres GRISMs – en leur faisant effectuer une rotation permettant de corriger les conséquences liées au défaut de fabrication.
- 23 L'exemple du GRISM permet de mettre en avant la gestion des risques au sein des consortiums et de l'ESA. Les missions spatiales doivent s'adapter aux aléas techniques et scientifiques que la construction d'un satellite représente. Elles incarnent des alliances entre la science et la technologie, ce qui demande parfois des compromis sur le plan scientifique car les conséquences techniques pourraient être plus importantes, comme le met en avant l'extrait d'entretien suivant :

Some aspect of the camera didn't perform correctly during one of the tests and for that I'll just say that's why we do these tests and so it was caught, it was studied and ultimately, we decided that that problem wasn't severe enough that we had to replace anything or fix anything. But they did have to do lots and lots of tests and studies and that's why we do these tests and studies and it's totally normal to have difficulties with putting together a space mission because typically what we're doing in a space mission is we're doing something technically challenging. So, the cameras for instance on Euclid are very, very large cameras compared to what's been flown in space before so, that means they're technically challenging to put together and it took a lot of effort to build them and then, once they're built it takes a lot of testing to make sure that they work as designed. [...] Before and that's of course a very difficult decision and you might think "oh it's better just to replace

it” but once you have the camera all put together and you want to replace a part inside, you’d have to take everything apart to replace that part. And when you take everything apart there’s always a risk that you’ll accidentally damage something else. There’s also a long delay, it takes a very long time, it’s not a few hours, it’s months to take something apart and then put it back together because all the testing that has to happen. So, we ultimately decided not to replace that part because we hadn’t seen the problem reoccur but this is one of the difficult choices faced when you’re building a space mission³⁰

- 24 La conception et la construction d’une mission tel qu’Euclid représentent donc un défi autant scientifique que technique. Certains aléas lors de la construction vont avoir des effets sur l’aspect scientifique. Il est alors nécessaire, pour les différents acteurs concernés, de prendre en compte les deux aspects avant de décider de la marche à suivre. De prime abord, nous pourrions penser qu’une malfaçon justifierait de changer la pièce défectueuse. Une malfaçon pourrait potentiellement avoir un impact sur les exigences scientifiques mais remplacer la partie défailante peut entraîner des problèmes plus importants – tant au niveau technique que scientifique. Cela aurait également pour conséquence un fort retard qui serait aussi synonyme de surcoût financier.

4. La documentation comme remède aux dysfonctionnements ?

- 25 La circulation de l’information est un vecteur important concernant la gestion des risques ainsi qu’un bon indicateur du fonctionnement organisationnel. *De facto*, la capacité et la manière dont une organisation utilise les informations sont aussi un reflet de la qualité de la performance de celle-ci. En d’autres termes, la circulation de l’information est vitale pour le bon fonctionnement d’une organisation³¹. Dans les consortiums scientifiques, la limitation des risques passe également par l’élaboration de règles techniques. Elles concernent autant les exigences en termes de documentation que des règles sur la qualité et le langage du code pour la partie scientifique du segment sol (SGS)³² :

Dans un grand programme, il faut imposer des règles communes comme des règles sur la qualité, c'est très formaliste. Surtout quand on fait le travail de développement ensemble vu le lego monstrueux que c'est, on a besoin de règles sinon on ne s'en sort pas.³³

- 26 La mise en place de règles communes permet d'homogénéiser certaines tâches importantes comme le développement du code qui sert au traitement des données de la mission Euclid. En effet, les données transmises par le satellite sont tellement importantes (aux alentours de 170 millions de gigaoctets) qu'elles sont stockées et traitées dans neuf différents *data centers*. Le traitement des données dans les *data centers* est inhabituel pour les chercheurs. Cela entraîne donc des modifications dans les manières de travailler car ils sont plutôt habitués à pouvoir télécharger les données brutes sur leurs ordinateurs et à faire tourner leurs propres codes. Or, dans le cas des données qu'Euclid va recueillir, ils ne seront plus en capacité de le faire. Il est donc techniquement nécessaire d'avoir un seul programme qui soit en capacité de supporter les données reçues et de pouvoir les traiter. D'où la nécessité de mettre en place une plus grande formalisation des attentes et des exigences concernant le développement du code chargé du traitement de ces données.
- 27 À cela s'ajoute le fait que l'ensemble du code n'est pas développé à un seul endroit et n'est pas sous la responsabilité d'un seul pays. La fragmentation des tâches, ainsi que leur internationalisation, compliquent donc la communication et la coordination des activités. Cela est d'autant plus vrai lorsque les tâches en question doivent parfaitement « s'assembler » comme c'est le cas pour celles en charge du développement du code de traitement de données. La documentation représenterait donc un moyen de limiter les risques liés aux aspects techniques des missions scientifiques en posant des règles très formelles concernant la manière d'exécuter certaines tâches – telles que l'écriture du code servant à l'analyse des données. L'intelligibilité de la réglementation est donc primordiale mais, dans un contexte international, la compréhension – ou l'incompréhension – des règles peut relever de la maîtrise de la langue anglaise par ceux qui les rédigent ou les lisent.

Les règles doivent être complètement comprises et non ambiguës. Il y en a qui font des erreurs de bonne foi dues à un problème de maîtrise de langue. C'est les Français qui ont édité les règles donc dans un anglais très français. Donc, les règles sont exploitées ou comprises à l'envers dû à un souci d'interprétation, les règles ne sont pas conformes.³⁴

- 28 La documentation aurait aussi pour objectif de garder une trace écrite des activités entreprises par le consortium. Dans un contexte de fort *turn-over*, cette documentation permet de transmettre les informations aux nouveaux arrivants sur ce qui a été fait, comment cela a été fait, mais également les raisons de ces choix. Cependant, un problème récurrent a été soulevé par les différents membres : celui de ne pas trouver celles nécessaires ainsi que les bonnes – celles qui sont à jour car il n'y a aucune personne qui est en charge de s'occuper de la maintenance des outils informatiques dédiés à la documentation tels que Redmind³⁵. La difficulté de trouver l'information couplée au caractère obsolète d'un grand nombre d'entre elles, rajoute des difficultés aux membres pour trouver celle dont ils ont besoin. Une bonne circulation des informations est nécessaire dans le cadre d'organisations regroupant tant de membres, d'autant plus que ces derniers sont géographiquement dispersés. Cependant, la multiplication des canaux de communication entraîne un éparpillement des différentes informations, complexifiant fortement la circulation, parmi les membres, de celles-ci.
- 29 Les problématiques liées à la communication et à la circulation de l'information sont bien connues de l'organisation qui a mis en place, en 2020, un comité portant sur cette dimension (*Euclid Consortium Information Channels Committee*). Ce dernier a donné lieu, en 2021³⁶, à un rapport visant à améliorer la circulation de l'information au sein du consortium. Les membres sont partis du constat qu'il y avait « une prolifération des sources d'information » dont la plupart n'étaient pas officielles et/ou à jour. Cela était couplé à un manque de communications et d'informations quant à l'usage des différents canaux. Les conséquences identifiées pour la coopération étaient multiples, parmi lesquelles figuraient la difficulté à trouver les informations nécessaires à la réalisation des activités ainsi qu'un sentiment de frustration chez les membres – lié également au fait de dupliquer des

choses qui existaient déjà. Le rapport alerta sur la possibilité que le manque de communication puisse aussi nuire, sur du long terme, à la science.

- 30 Dans ce rapport, le comité part donc du principe que les membres devraient être en capacité de savoir où trouver les informations dont ils ont besoin, et que la situation était propice à des risques au niveau de la communication et à un gaspillage des ressources. La multiplication des canaux de communication entraîne un éparpillement des différentes informations, complexifiant fortement leur circulation parmi les membres. La bonne circulation des informations mais également des règles est un critère cardinal permettant le bon déroulement de la coopération dans les consortiums scientifiques. Il est aussi indispensable que les règles soient précises et claires pour tous les participants.

Conclusion

- 31 Les consortiums scientifiques suivent une logique de limitation des risques entourant le développement d'une mission spatiale par le biais d'une régulation forte. Ces risques peuvent être d'origine humaine ou liés à l'instrumentation. La limitation des risques techniques et technologiques passe dans un premier temps par le choix des composants qui seront utilisés et qui doivent être qualifiés pour une utilisation en milieu spatial. La fabrication de plusieurs modèles du satellite qui sera envoyé permet aussi de limiter les risques liés à la fabrication et au fonctionnement de l'engin spatial. En effet, avant le modèle de vol (FM), nous avons pu voir que deux autres prototypes sont développés : l'*Engineering Model* (EM) et le *Qualification Model*. Le fait de leur faire subir des tests permet d'identifier différents types de dysfonctionnements et de les limiter sur le modèle de vol – qui lui subira des tests moins conséquents afin d'éviter de l'endommager.
- 32 Le cas de l'instrument NISP a été révélateur de l'importance des tests, et la logique de gestion des risques qui ont été identifiés. En cas de dysfonctionnement, l'agence spatiale européenne met en place une *Tiger Team* qui est une équipe d'expert ayant pour objectif de comprendre l'origine du problème et ses conséquences sur la mission. Pour l'instrument NISP, deux problèmes ont émergé lors des tests : un lié à la caméra et un lié au GRISM. Ces deux dysfonctionnements

ont mis en avant des origines distinctes et des trajectoires de résolutions de risques bien différentes. La régulation de ces organisations passe donc par la mise en place de règles formelles visant à limiter les risques inhérents à ce type de projets.

- 33 Bien que les missions scientifiques soient porteuses de peu de risques en termes de conséquences humaines – *a contrario* celles habitées. Elles n'en restent pas moins des organisations porteuses de risques, techniques et technologiques, qu'elles se doivent de limiter. Leur limitation passe donc par l'élaboration de règles et de procédures précises au sein de l'organisation. Néanmoins, de par la complexité des systèmes sur lesquelles elles reposent, des défaillances imprévues surviennent malgré tous les dispositifs mis en place pour les éviter.
- 34 De plus, la multiplication et la non-maintenance de la documentation entraîneraient un certain flottement dans l'adoption des règles réduisant les risques – les informations devenant un enjeu crucial dans les rapports de pouvoir. En effet, le discours a une place prédominante dans ce type de rapport et

il faut admettre un jeu complexe et instable où le discours peut-être à la fois instrument et effet de pouvoir, mais aussi obstacle, butée, point de résistance et départ pour une stratégie opposée. Le discours véhicule et produit du pouvoir, il le renforce mais aussi le mine, l'expose, le rend fragile et permet de le barrer³⁷.

NOTES

1 Mission de la NASA, en 2021, ayant pour objectif d'envoyer un rover sur Mars et qui fait suite à la mission *Curiosity* en 2019.

2 Le séjour de 2021 a été particulièrement médiatisé car Thomas Pesquet a été le premier français nommé commandant de l'ISS.

3 SAINT-MARTIN Arnaud, « Un nouvel esprit du capital-risque spatial ? Sur quelques tendances récentes du financement de l'industrie spatiale américaine », *Entreprises et histoire*, vol. 102, n° 1, p. 120-139, 2021, Doi : [10.3917/eh.102.0120](https://doi.org/10.3917/eh.102.0120) (<https://doi.org/10.3917/eh.102.0120>).

- 4 LAMY Jérôme, « Grandeur scientifique et politiques de l'espace : la création et le transfert du CNES (1958-1974) », *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, vol. 58, n° 1, p. 156-177, 2011, Doi : [10.3917/rhmc.581.0156](https://doi.org/10.3917/rhmc.581.0156) (<https://doi.org/10.3917/rhmc.581.0156>) ; LAMY Jérôme , « Soutenir la recherche, s'inscrire dans le marché : le conseil d'administration du CNES ou la gestion des contradictions (1981-2001) », *Entreprises et histoire*, vol. 102-(L'industrie spatiale), n° 1, p. 54-77, 2021, Doi : 10.3917/eh.102.0054.
- 5 ZABUSKY Stacia E., *Launching Europe: An Ethnography of European Cooperation in Space Science*, Princeton, Princeton University Press, 1995.
- 6 VAUGHAN Diane, *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 1996.
- 7 VERTESI Janet, *Shaping Science: Organizations, Decisions, and Culture on NASA's Teams*, Chicago, The University of Chicago Press, 2020.
- 8 PATARIN-JOSSEC Julie, *La fabrique de l'astronaute : ethnographie terrestre de la station spatiale internationale*, Éd. Pétra., Paris, 2021.
- 9 DUFAY Amaury, « Acceptabilité des efforts spatiaux : enseignements et conséquences de l'arrivée à maturité du New Space sur la bataille du faire-savoir », *Stratégique*, vol. 126-127-(Deuxième âge spatial : concurrence et complémentarité des acteurs stratégiques à l'ère du New Space), n° 2-3, p. 65-73, 2021, Doi : 10.3917/strat.126.0065 ; SAINT-MARTIN Arnaud, « Un nouvel esprit du capital-risque spatial ?... », art. cit. ; RÉGNAULD Irénée et SAINT-MARTIN Arnaud, *Une histoire de la conquête spatiale : des fusées nazies aux astrocapitalistes du New Space*, La Fabrique, Paris, 2024 ; VIDMAR Matjaz, "New Space and Innovation Policy: Scotland's Emerging 'Space Glen'", *New Space*, vol. 8, n° 1, p. 31-51, 2020, Doi : [10.1089/space.2019.0032](https://doi.org/10.1089/space.2019.0032) (<https://doi.org/10.1089/space.2019.0032>) ; VIDMAR Matjaz, ROSIELLO Alessandro, VERMEULEN Niki, WILLIAMS Robin et DINES Julian, "New Space and Agile Innovation: Understanding Transition to Open Innovation by Examining Innovation Networks and Moments", *Acta Astronautica*, vol. 167, p. 122-134, 2019, Doi : [10.1016/j.actaastro.2019.09.029](https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.09.029) (<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.09.029>).
- 10 DE SOLLA PRICE Derek J. , *Little Science, Big Science*, New York, Columbia University Press, 1^{re} éd., "George B. Pegram lectures", 1963.
- 11 Euclid vient d'entrer en phase d'exploitation tandis que Athéna est en phase d'étude avant son « adoption » finale par l'ESA en 2019.

- 12 LAMY Jérôme et SAINT-MARTIN Arnaud, « Faire politique d'un système d'observation de la Terre : l'élaboration du programme européen Copernicus/GMES (*Global monitoring for environment and security*) », *Année sociologique*, vol. 63-(La science, une activité sociale comme une autre ? Controverses autour de l'astronomie scientifique, 1), n° 2, p. 429-472, 2013, Doi : [10.3917/anso.132.0429](https://doi.org/10.3917/anso.132.0429) (<https://doi.org/10.3917/anso.132.0429>).
- 13 Euclid est un consortium qui est proche de l'achèvement de ses objectifs, qui compte un très grand nombre de membres mais ces derniers sont parfois novices ou au moins plus éloignés en matière de spatial. Athena est un consortium plus jeune, qui compte moins de membres mais regroupe plutôt des personnes qui connaissent le spatial par des projets précédents.
- 14 SAGAN Scott D., *The Limits of Safety: Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons*, 1^{re} éd., Princeton, Princeton University Press, "Princeton studies in international history and politics", 1993.
- 15 PERROW Charles, "The Limits of Safety: The Enhancement of a Theory of Accidents", *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 2, n° 4, p. 212-220, 1994, Doi : [10.1111/j.1468-5973.1994.tb00046.x](https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.1994.tb00046.x) (<https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.1994.tb00046.x>) ; PERROW Charles, *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, n^{elle} éd., Princeton, Princeton University Press, "Princeton paperbacks", 2011 [1984].
- 16 VAUGHAN Diane , *The Challenger Launch Decision...*, op. cit. ; VAUGHAN Diane, "Regulating Risk: Implications of the Challenger Accident", *Law & Policy*, vol. 11, n° 3, p. 330-349, 1989, Doi : [10.1111/j.1467-9930.1989.tb00032.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.1989.tb00032.x) (<https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.1989.tb00032.x>).
- 17 McCURDY Howard E., "Organizational Decline: NASA and the Life Cycle of Bureaus", *Public Administration Review*, vol. 51, n° 4, p. 308-315, 1991, Doi : [10.2307/976746](https://doi.org/10.2307/976746) (<https://doi.org/10.2307/976746>).
- 18 DOWNS Anthony, *Inside Bureaucracy*, 1^{re} éd., Glenview, Scott/Foresman & Co, 1967.
- 19 POWER Michael, SCHEYTT Tobias, SOIN Kim et SAHLIN Kerstin, "Reputational Risk as a Logic of Organizing in Late Modernity", *Organization Studies*, vol. 30, n° 2-3, p. 301-324, 2009, Doi : [10.1177/0170840608101482](https://doi.org/10.1177/0170840608101482) (<https://doi.org/10.1177/0170840608101482>).
- 20 SLOVIC Paul, "Perception of Risk", *Science*, vol. 236, n° 4799, p. 280-285, 1987, Doi : [10.1126/science.3563507](https://doi.org/10.1126/science.3563507) (<https://doi.org/10.1126/science.3563507>).

- 21 Ingénieur, Euclid, Toulouse : entretien réalisé le 31 janvier 2019, durée 1h33.
- 22 Ingénieur de recherche, Euclid : entretien réalisé le 17 avril 2019, durée 1h25.
- 23 Ingénieur, X-IFU : entretien réalisé le 19 juillet 2018, durée 55 minutes.
- 24 Euclid Consortium & NISP instrument team, *Euclid's NISP Instrument*, 2020, <https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_s_instruments>.
- 25 Le PLM est la structure du satellite.
- 26 "Thermal vacuum chamber", CSL, 2021, <https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/09/Thermal_vacuum_chamber>.
- 27 Traduction : « Imaginez que vous ayez un bel appareil photo numérique. Vous prenez une photo ; l'image est bonne et vous voulez en prendre une autre. Mais alors que vous essayez de le faire, la commande de l'appareil photo ne répond plus : vous ne pouvez ni régler l'exposition ni déclencher l'obturateur. La seule façon de prendre une autre photo est de redémarrer, mais après avoir pris une autre photo, le problème se reproduit. », <https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Tiger_Team_solves_mystery_of_Euclid_s_galaxy_speed_camera>.
- 28 <[https://images.cnrs.fr/photo/20140001_1413#:~:text=Un%20grism%20\(%22grating%20prism%22,un%20prisme%20%C3%A0%20angle%20droit](https://images.cnrs.fr/photo/20140001_1413#:~:text=Un%20grism%20(%22grating%20prism%22,un%20prisme%20%C3%A0%20angle%20droit)>.
- 29 Euclid consortium, NISP instrument, 2021, <https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/09/NISP_instrument>.
- 30 Traduction : « Un aspect de la caméra n'a pas fonctionné correctement pendant l'un des tests et je dirai simplement que c'est la raison pour laquelle nous effectuons ces tests. Le problème a donc été détecté, étudié et, en fin de compte, nous avons décidé qu'il n'était pas suffisamment grave pour que nous devions remplacer ou réparer quoi que ce soit. Il est tout à fait normal de rencontrer des difficultés lors de l'organisation d'une mission spatiale, car il s'agit généralement d'un défi technique. Les caméras d'Euclid, par exemple, sont très, très grandes par rapport à ce qui a déjà été fait dans l'espace, ce qui signifie qu'elles sont techniquement difficiles à assembler et qu'il a fallu beaucoup d'efforts pour les construire et, une fois qu'elles sont construites, il faut beaucoup de tests pour s'assurer qu'elles fonctionnent comme prévu. [...] Avant et c'est bien sûr une décision très difficile à prendre et vous pourriez penser "oh c'est mieux de le remplacer" mais une

fois que vous avez la caméra assemblée et que vous voulez remplacer une pièce à l'intérieur, vous devez tout démonter pour remplacer cette pièce. Et lorsque vous démontez tout, il y a toujours un risque d'endommager accidentellement quelque chose d'autre. Le délai est également très long, il ne s'agit pas de quelques heures, mais de plusieurs mois pour démonter et remonter quelque chose en raison de tous les tests qui doivent être effectués. Nous avons donc finalement décidé de ne pas remplacer cette pièce parce que nous n'avions pas vu le problème se reproduire, mais c'est l'un des choix difficiles auxquels on est confronté lorsqu'on construit une mission spatiale. » Senior research scientist, Euclid : entretien réalisé le 27 juillet 2021, durée 46 minutes.

31 WESTRUM Ron, "The study of information flow: A personal journey", *Safety Science*, vol. 67-(The Foundations of Safety Science), p. 58-63, 2014, Doi : [10.1016/j.ssci.2014.01.009](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.01.009) (<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.01.009>).

32 Le segment sol fait référence à tous les outils et instruments qui resteront au sol (tel que le logiciel de traitement de données, les récepteurs et les *data center*).

33 Ingénieur, Euclid : entretien réalisé le 01 février 2019, durée 1h20.

34 Ingénieur, Euclid : entretien réalisé le 01 février 2019, durée 1h20.

35 Plateforme de gestion de projets.

36 Euclid Consortium Information Channels Committee, *Report of the Euclid Consortium Information Channels Committee*.

37 FOUCAULT Michel, *Histoire de la sexualité : 1 : La volonté de savoir*, [Paris], Gallimard, « Tel, 248 », 1994 [1976], p. 133.

RÉSUMÉS

Français

Ce présent article aura pour objectif de questionner la nature et la gestion des différents risques qui sont rencontrés dans le développement de missions spatiales. Il s'agira de comprendre comment les risques techniques et technologiques sont identifiés et pris en charge par ces organisations scientifiques dont le but est de développer et d'exploiter une mission pour l'agence spatiale européenne. En effet, les coopérations scientifiques ont connu une forte augmentation en termes de taille ces dernières années. L'étude du consortium Euclid et X-IFU permettra de mettre en exergue l'importance de la gestion des risques au sein de coopérations scientifiques –

toujours plus internationales et regroupant toujours plus de membres – où les aléas technologiques et techniques sont d'autant plus prégnants.

English

Technical and technological risk management within scientific consortia

The aim of this article is to examine the nature and management of the various risks encountered in the development of space missions. The aim is to understand how technical and technological risks are identified and managed by the scientific organisations whose aim is to develop and operate a mission for the European Space Agency. Indeed, scientific cooperations have increased significantly in size in recent years. The study of the Euclid and X-IFU consortia will highlight the importance of risk management within scientific cooperations – which are becoming increasingly international and bringing together more and more members – where technological and technical hazards are all the more significant.

INDEX

Mots-clés

espace, consortium, scientifique, gestion, risque

Keywords

space, consortium, scientific, management, risk

AUTEUR

Axelle Vanhaecke

Axelle Vanhaecke, docteure en Sociologie au CERTOP à l'Université Toulouse Jean Jaurès.