

Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé

17-1 (2015)
Éclat

Aude Villemain et Patrice Godon

Construction de la fiabilité organisationnelle en environnement extrême à partir de la sécurité réglée et gérée : étude de cas du raid Concordia

Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique

Aude Villemain et Patrice Godon, « Construction de la fiabilité organisationnelle en environnement extrême à partir de la sécurité réglée et gérée : étude de cas du raid Concordia », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 17-1 | 2015, mis en ligne le 01 mai 2015, consulté le 23 août 2015. URL : <http://pistes.revues.org/4455>

Éditeur : Elise Ledoux
<http://pistes.revues.org>
<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :
<http://pistes.revues.org/4455>
Document généré automatiquement le 23 août 2015.
© Tous droits réservés

Aude Villemain et Patrice Godon

Construction de la fiabilité organisationnelle en environnement extrême à partir de la sécurité réglée et gérée : étude de cas du raid Concordia

1. Objectifs et contexte de la recherche

- 1 Cette étude a été menée dans le cadre d'un programme en collaboration avec l'Institut polaire français Paul Emile Victor (IPEV). Il s'agit d'un travail exploratoire (mené en 2012-2013) qui s'inscrit dans un projet de recherche à plus long terme reposant sur la compréhension globale de la fiabilité organisationnelle et de la sécurité instaurée dans un système particulier soumis à des conditions extrêmes (le raid). Plus exactement, l'objectif est d'examiner, par une analyse ergonomique des situations, la manière dont le concept du raid a envisagé les problèmes de sécurité. Le raid polaire (que nous détaillerons ci-après) s'est inscrit en 1993 dans le projet de construction de la station scientifique franco-italienne Concordia (située à l'intérieur du continent Antarctique, à 1150 km de Dumont D'Urville (DDU) et ouverte en 2005). Le but était de concevoir un mode de transport des équipements de construction le moins onéreux possible, le plus fiable et résistant aux conditions extrêmes, pour relier la base DDU à celle de Concordia. Il s'agissait ainsi pour l'époque d'un réel défi technique, matériel et technologique. C'est dans ce contexte, et à partir d'une démarche à la fois intuitive (issue de la culture interne des expéditions polaires françaises de PEV) et économique (la solution de transport en raid était estimée plus fiable et moins coûteuse que le transport par avion-cargo) que le raid a été conçu, permettant ainsi, au début du projet, le transport des matériels nécessaires à la construction de la nouvelle station. C'est aussi pour ces raisons que le raid polaire a été jusqu'à maintenant plus traité par le concepteur du point de vue de l'efficacité, préoccupé par le fonctionnement technique, que du point de vue de la sécurité. Les risques ont été anticipés par sa veille empirique et expérimentale. Ceci nous laisse à penser qu'il reste des perspectives d'évolution du système. Tout le travail repose ainsi sur une formalisation des types de situations à risque existantes ainsi que des dispositifs de sécurité mis en place au sein du raid.
- 2 Les situations extrêmes sont généralement définies comme des situations de rupture avec le cours de la vie ordinaire, « évolutives, incertaines et risquées » (Lièvre, 2005 ; 2007). Pour contextualiser davantage l'étude, nous avons complété ce passage en faisant référence aux travaux de Rivolier : le facteur humain en situation extrême a rapidement été étudié à la fois dans le champ polaire et celui du spatial (Rivolier, 1998) pour comprendre aussi bien le stress et les capacités d'adaptation que les réactions physiologiques humaines.
- 3 L'étude des organisations est à la racine des problèmes de sûreté. La fiabilité d'une organisation va dépendre d'une série d'équilibres stratégiques, des interactions entre les opérateurs, des stratégies utilisées par les opérateurs pour réaliser les tâches (Bourrier, 1999). Dès lors, étudier les organisations connectées avec les actions des opérateurs permet de considérer les stratégies d'organisation qui passent obligatoirement par l'activité des acteurs qui la composent, ainsi que la technologie. Par ailleurs, dans une organisation, l'application stricte des procédures est impossible et nécessite l'intervention humaine pour ajuster et réduire les écarts à la prescription, et c'est bien cette démarche de contournement de problème qui contribue à la construction de la fiabilité organisationnelle (Leplat et de Terssac, 1990). Dès lors, le travail hors règle ou hors procédure incite les opérateurs à développer des capacités d'inventivité qui ne s'exprimeraient pas autrement (Bourrier, 1999, p. 236). La fiabilité organisationnelle passe avant tout par l'acquisition d'une flexibilité, notamment dans des cas de situations critiques, dont l'improvisation par le bricolage est reconnue comme étant une source de résilience (Weick, 1993). La résilience organisationnelle, dans ce cas, consiste certes

en la capacité de l'organisation à résister aux chocs, mais aussi en celle de les éviter (Roux-Dufort, 2003).

- 4 Une étude sur la construction de la sécurité en conditions extrêmes justifie l'intervention d'une approche ergonomique, même si au départ ces situations de travail sont contraires à la conception ergonomique (Wolff et Spérandio, 2004). L'intérêt pour les conditions d'adaptation du travail en situations extrêmes conduit au concept d'ergonomie constructive (Falzon, 2013) : le travail sous contrainte pourrait être vu comme l'opportunité de développer de nouveaux savoir-faire, garantissant simultanément la sécurité du système et celle des opérateurs. Aujourd'hui, à notre connaissance, peu d'études en ergonomie se sont intéressées au travail en environnement polaire, encore moins sur un convoi d'expédition polaire (Villemain, 2014 ; Villemain et Godon, 2014).
- 5 En Antarctique, l'hostilité de l'environnement complique le déroulement des activités humaines, en particulier lorsque les travaux s'effectuent à l'extérieur. À ces températures (de -20 °C à -60 °C en été), le moindre incident non géré (ou mal géré) peut prendre une ampleur conséquente et devenir rapidement dramatique en raison de l'assistance médicale restreinte et de l'isolement. Toutes ces conditions font qualifier l'environnement polaire d'environnement hostile dans lequel le pronostic vital peut être rapidement engagé.
- 6 Le raid polaire de transport mis en place par l'IPEV se définit comme un ensemble de véhicules en convoi se déplaçant en autonomie totale sur la calotte polaire Antarctique, transportant trois fois au cours de l'été austral le carburant (lequel permet de produire l'énergie électrique et le chauffage), le matériel, les pièces de rechange et la nourriture du site. Le convoi type est composé d'environ 10 personnes (un minimum de 6 à 7 mécaniciens engins, un médecin), d'attelages de tracteurs et de traîneaux (conteneurs à matériel, cuves à carburant). Son objectif principal est d'acheminer en quantité et en qualité les produits vers le site, le plus rapidement possible et pour une consommation de carburant la plus basse possible.
- 7 Si la question des risques se pose généralement à propos d'une base de vie en Antarctique, elle est d'autant plus légitime concernant un convoi isolé, au confort spartiate, en déplacement continu. Pendant environ vingt jours aller-retour, les raiders (néologisme pour les personnels du raid) traversent le désert de glace en vivant dans des unités de logement aménagées (ou caravanes). À ce jour, 21 ans après le premier raid, il n'y a jamais eu de pertes de vies humaines, ni même d'accident grave. Le système peut donc être considéré comme résilient et sécuritaire. Pourtant, il n'existe pas de procédures spécifiques à l'activité du raid, ni de retours d'expérience construits à partir des raids précédents (depuis 1993).

1.1. Les conditions de travail sur le raid

1.1.1. Le raid français dans le paysage international

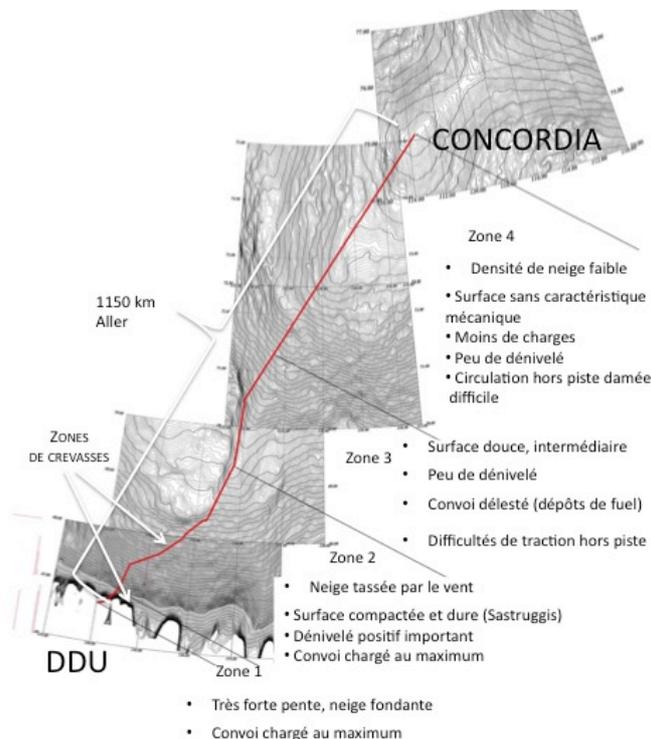
- 8 Même s'il existe des raids aussi en Arctique (raids scientifiques danois et raids logistiques américains au Groenland), nous nous sommes centrés sur les activités déployées sur le continent Antarctique. Il existe trois types de raids en Antarctique, ayant des finalités différentes : (1) les raids touristiques (effectués en Arctique, par exemple, ou au Canada), à buts lucratifs, de randonnées, de loisir ou de défi personnel ; (2) les raids scientifiques (menés par les Australiens, Allemands, Japonais et Français) qui ont pour but de transporter des scientifiques (glaciologues) pour des prélèvements de carottes de glace à l'intérieur du continent Antarctique ; (3) les raids logistiques (effectués par les Russes, les Chinois, les Américains et les Français) qui répondent à des exigences de productivité et de performance. Ce type de raid est un outil et un moyen de transport intégré dans une chaîne globale de transport de fret. Les finalités, et donc les enjeux, économiques, politiques ne sont pas comparables aux deux autres, puisqu'en dépend la survie des hivernants sur base. Comme il s'agit d'un service de transport de fret dans des conditions particulières (objectif de performance), le raid est soumis à des contraintes temporelles très rigides dépendantes à la fois des rotations de l'Astrolabe (navire) qui achemine le fret et des conditions de glace et de température. Plus le raid partira tard dans la saison, plus les difficultés relatives au froid sont à prévoir. C'est pour toutes ces raisons que nous avons souhaité étudier la fiabilité organisationnelle et la sécurité de ce type de raid. Notons que l'IPEV a actuellement réalisé

56 convois de transport entre Dumont d'Urville et le site du Dôme C (soit 58 raids avec les raids exploratoires du début du projet). Tous les raids ont abouti.

1.1.2. Les caractéristiques de la route du raid

- 9 Grâce à un ensemble de navigation installé dans l'engin en tête, le convoi suit une route tracée d'après une topographie des zones à risques relevée par satellite. Les crevasses ont été repérées et l'itinéraire le plus favorable à la traction des charges, avec un dénivelé régulier et relativement faible, a été retenu (figure 1, zone 1). La ligne représente le tracé de la route du raid tenant compte de zones de crevasses existantes.

Figure 1. Caractéristiques de la route du raid



- 10 Le parcours est découpé en quatre zones, en lien avec la nature de la surface du continent (très dure au départ puis de plus en plus légère) ; le dénivelé (positif et très important au départ du raid, à la côte) s'adoucit tout au long du parcours ; les charges transportées se réduisent entre le départ et l'arrivée du raid à Concordia. En effet, le convoi est délesté à l'aller, au fur et à mesure de la consommation du carburant et, selon une simulation de calculs de consommation, des cuves contenant le carburant pour le retour sont déposées le long de la piste. Ces particularités vont déterminer le fonctionnement du raid, notamment en matière de traction des charges, de conduite des engins et d'organisation du convoi. Par exemple, à partir de la zone 3, la densité de la neige de surface devient très faible ; les charges s'enlisent dès la moindre sortie de route du convoi, ce qui n'est pas le cas en zone 1. Aucun objectif intermédiaire (comme le nombre de kilomètres journaliers) ne peut être défini puisque le raid devra faire face à des aléas pendant son déplacement. Le seul objectif est d'arriver à Concordia le plus vite possible avec les moyens et les possibilités du moment, avec le maximum de fret et en état et en veillant à la consommation de carburant.

1.1.3. Imprévus et autonomie totale

- 11 Au-delà du fait que le convoi soit en déplacement, les incertitudes se situent dans les variations de la surface et l'imprévisibilité du climat. Si le raid se caractérise par le climat hostile, avec des températures pouvant dépasser les $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ à la fin de l'été austral, il doit aussi se déplacer dans des conditions de mauvais temps. Certaines tempêtes soulèvent la neige (le blizzard) et limitent la visibilité à moins d'un mètre. Ceci augmente mécaniquement les risques lors du déplacement du convoi. S'ajoute ensuite la situation d'isolement. Les membres du raid sont en autonomie totale, il n'y a pas d'assistance directe possible. De ce fait, les actions médicales

restent aussi très limitées. Enfin, le confinement est une des caractéristiques fortes du raid. Les raideurs vivent dans 2 m² (surface de la cabine du véhicule) assis onze heures par jour. Puis les moments collectifs se déroulent dans un espace de vie (unité aménagée appelée caravane vie) de 24 m² partagé entre 10 personnes. Les conditions de vie sociale sont ainsi éprouvantes, laissant échapper de temps à autre des sursauts d'humeur générés par la fatigue cumulée. Tous ces risques mentionnés jouent un rôle dans le déroulement du raid, normalement ponctué d'incidents et d'aléas : pannes d'engins, casses de crochets, pertes de charges, sorties de route. La sécurité des raideurs est ainsi mise en jeu tout au long de la traversée.

1.1.4. Les personnels du raid

- 12 Le raid est composé au minimum de sept mécaniciens engins de travaux publics (dont un qui sera chef de convoi) et d'un médecin. Les places restantes peuvent être réservées à des extérieurs (scientifiques/personnalités). La plupart des raideurs s'engagent dans le raid à la suite d'un premier séjour sur base. Ils posent ensuite leur candidature, examinée selon les critères d'expérience mécanique, médicaux, motivationnels et de capacité de vie en groupe. Il n'y a ni ultra sélectivité ni critère d'âge¹. L'activité de raid est saisonnière de mi-octobre à mi-mars. Le renouvellement des personnels de raid d'une année à l'autre est faible et les personnels les plus anciens cumulent environ une quarantaine de raids. Il n'existe pas de formation spécifique en amont au raid actuellement ; elle s'effectue in situ. La formation spécifique des débutants au raid est faite, sur le modèle du compagnonnage, en immersion dans le groupe existant. La prise de décision peut être à la fois collective et individuelle selon la situation. Quoi qu'il en soit, c'est le chef de convoi qui aura la dernière initiative.

1.2. Environnement à risque et sécurité

- 13 La notion de sécurité est majoritairement abordée du point de vue des risques. Classiquement, le risque renvoie à l'exposition à un danger susceptible d'entraîner des dommages (Leplat, 2006). C'est la probabilité qu'un danger s'actualise. Il est caractérisé par la probabilité d'occurrence de l'événement risqué et les impacts négatifs que celui-ci peut engendrer (Hollnagel, 2008 ; Marc et Rogalski, 2009). Des niveaux d'acceptabilité du risque sont alors définis dans chaque domaine, en fonction de choix effectués à partir de lieux et de moments donnés (Daniellou et coll., 2009).
- 14 La sécurité a pour but de prévenir les risques, si possible de les supprimer ou du moins de s'en protéger. Plusieurs études en ergonomie menées dans le champ médical, industriel ou militaire ont insisté sur l'aspect dynamique des situations ainsi que sur les imprévus ou bien l'incertitude en tant que facteurs de risque (Amalberti, 2001 ; Cuvelier, 2011 ; Daniellou et coll., 2009 ; Morel et coll., 2008). Dans ces types d'environnement, l'objectif est de maintenir l'évolution du processus dans des limites acceptables et maîtrisables de la situation. Au-delà de ces limites, l'opérateur prend des risques (Van Daele et Carpinelli, 2001). De ce fait, il est donc indispensable de faire émerger ce cadre de l'acceptabilité pour maintenir la sécurité du système, notamment dans un environnement particulier. Les procédures et règlements servent alors de filet de sauvetage pour protéger du risque (Cellier et coll., 1996). C'est ce que suggère la sécurité réglée.

1.2.1. Sécurité réglée, sécurité gérée

- 15 Depuis quelques années, les recherches montrent deux types de sécurité : une sécurité statique (réglée) et une sécurité dynamique (gérée) (Daniellou et coll., 2009 ; Morel et coll., 2008). Après un repérage des risques, la sécurité réglée envisage des mesures de protection et de prévention du risque, notamment dans des termes d'automatismes, de règles, d'équipements de protection, de formation. Ce type de sécurité permet de « définir par avance des scénarios anticipables » (Daniellou et coll., 2009, p. 68). Deux types de stratégies permettent de régler la sécurité : celles qui consistent à supprimer les risques, ou celles qui mettent en place des barrières de défenses pour les prévenir ou pour en limiter les conséquences (Amalberti, 2004). Il existe quatre types de barrières combinables (Hollnagel, 2004 ; 2008) : (1) les barrières matérielles qui préviennent physiquement de l'exécution d'actions dangereuses *ou de la propagation de leurs conséquences indésirables* ; (2) les barrières fonctionnelles qui gênent

l'exécution d'actions non souhaitées en établissant une dépendance logique ou temporelle entre deux ou plusieurs actions ; (3) les barrières symboliques qui indiquent une limite à respecter et nécessitent une interprétation de l'opérateur, qui doit réagir ou répondre aux messages qu'elles contiennent ; (4) les barrières immatérielles, qui sont généralement au centre des démarches de sécurité et qui nécessitent d'être connues des opérateurs pour être activées. Ce sont des réglementations, des règles, des normes, des procédures spécifiques ou des consignes (Amalberti, 2001 ; Garrigou et coll., 2004). Cette conception de la sécurité est relativement statique et, contrairement à la sécurité gérée, elle n'envisage que très peu la variabilité des situations de travail. La sécurité gérée ne repose pas sur des formalismes « réglés », mais sur les stratégies, des comportements d'initiatives, des bricolages, une improvisation et une ingéniosité déployés par les opérateurs en situation réelle. Elle se construit ainsi par l'expertise des hommes et par la mise en œuvre en temps réel de compétences individuelles et collectives. C'est une vision dynamique de la sécurité.

16 La littérature a montré que ces deux types de sécurité se rejoignent et s'articulent dans la réalité. Les règles ne doivent pas être exhaustives, mais suffisamment flexibles pour qu'elles soient exploitables et qu'elles permettent la sécurité. Elles doivent être compatibles avec la diversité et la variabilité des situations des opérateurs, en respectant les modes opératoires diversifiés et les manières de faire le métier. Il s'agit d'une réalisation d'une performance en sécurité et non l'exécution « aveugle » de règles de sécurité, le plus souvent aux dépens de la performance.

1.2.2. Le développement de compétences et de savoir-faire de prudence

17 Les personnels de raid sont habitués à l'hostilité de l'environnement de travail ainsi qu'à ses conditions extrêmes. Dès lors se pose la question du développement de nouveaux savoir-faire au contact de cet environnement polaire. Les recherches (Amalberti, 1996) ont mis en évidence que pour gérer les risques les opérateurs avaient besoin de confiance en eux, confiance qu'ils construisent avec l'expérience. Ils développent ainsi une connaissance d'eux-mêmes dans des situations à risque pour acquérir par la suite une expérience de gestion du risque. La construction de marges de manœuvre renvoie à l'idée d'espace de liberté, autorisé par l'organisation (Coutarel, 2004). Être capable de saisir les limites de ses propres compétences contribue au développement de ces dernières. Si un savoir-faire de gestion du risque s'acquiert à travers l'expérience de situations à risque comme les recherches précédentes semblent l'indiquer, le raid devient alors une situation d'étude privilégiée : l'environnement polaire, considéré comme à risque, peut être envisagé comme lieu de développement des opérateurs dans leur apprentissage de la gestion du risque. Et c'est justement cette perspective développementale que propose l'ergonomie constructive (Falzon, 2013), en mettant en avant l'existence d'environnements dits capacitants, pour permettre le développement de nouvelles compétences et de nouveaux savoirs (Falzon, 2005).

18 Un opérateur peut développer des compétences à travers la mise en place d'une organisation du travail spécifique. A contrario, des prescriptions et des contraintes temporelles trop fortes, (ou une absence totale de prescriptions générant de l'incertitude) sont des conditions défavorables au développement (Delgoulet et Vidal-Gomel, 2013). Nous pouvons toutefois nous demander dans quelle mesure l'incertitude à laquelle les opérateurs sont exposés n'incite pas au développement de compétences spécifiques à la gestion de l'incertitude.

19 Ainsi, dans des contextes à risque, pour éviter les accidents et les efforts inutiles, les opérateurs développent des savoir-faire de prudence pour assurer concrètement leur sécurité, en tenant compte des contraintes techniques du travail, des spécificités de l'environnement et de la connaissance qu'ils ont de leurs équipiers (Cru, 1996 ; Llory et coll., 1994). Ces savoir-faire de prudence permettent aussi de faire face à l'imprévu en remaniant les configurations des ressources dont dispose l'opérateur, qui, dans le cas de notre étude, peuvent être offertes par l'environnement, tout comme l'approche des environnements capacitants le préconise.

20 L'objectif de cette recherche est d'examiner, par une analyse ergonomique des situations, la manière dont le concept du raid a envisagé les problèmes de fiabilité organisationnelle, et notamment ceux liés à la sécurité dans cet environnement hostile. Comment la sécurité se construit-elle au sein du raid, alors qu'il n'existe à ce jour aucune procédure de sécurité écrite pour guider les activités des opérateurs sur le raid ? Nous proposons à travers cette étude

exploratoire de comprendre les enjeux sécuritaires impliqués dans ce travail particulier. Quels sont les facteurs de risques ? Sous quelle forme la sécurité dans un environnement hostile apparaît-elle ? Les facteurs de risque présents durant le déroulement du raid ont été établis ainsi que les dispositifs mis en œuvre grâce à une compréhension globale de l'organisation du raid et spécifique à travers les tâches effectuées sur le raid.

2. Étude de cas

- 21 Les données ont été recueillies en trois temps (tableau 1) : (1) dans un premier temps, des observations participantes ont été menées à partir d'un travail en immersion (prises de notes, films, photos). Embarquée sur la traversée aller-retour du convoi, soit 23 jours, le but était d'abord de comprendre ce qu'était le raid, de déceler les risques potentiels dans cet environnement hostile et de repérer les habitudes de fonctionnement et les manières de procéder lors du déplacement ou non du convoi. Ainsi, nous avons relevé tout ce qui semblait s'adapter à la particularité et à l'hostilité de l'environnement ; (2) dans un deuxième temps, des traces des tâches et des activités menées durant le déroulement du raid ont été relevées (prises de notes journalières). Nous avons noté les différentes étapes qui ponctuaient les journées de travail de manière chronologique, comme les tâches effectuées et les activités menées. Nous n'avons retenu que les journées types sans incident et sans imprévu. Le but était d'établir un lien entre les tâches et les activités avec la gestion de risque et d'accéder à une compréhension spécifique de l'activité raid ; (3) dans un troisième temps, au retour à la base (DDU), six entretiens semi-directifs d'une durée moyenne de deux heures ont été menés avec le concepteur du raid. Au cours du premier entretien, nous l'avons interrogé sur les risques potentiels, à partir (a) des risques repérés durant le raid par les observations participantes et (b) des situations redoutées, c'est-à-dire des situations dont la survenue doit être évitée (Valot, 1998). Cette démarche nous a permis de valider les situations à risque repérées et d'accéder à une compréhension globale du raid. Au cours des cinq autres entretiens, le concepteur du raid a verbalisé sur les dispositifs de sécurité mis en place durant la conception du raid à partir des énoncés des tâches et des activités recueillis lors du raid que nous avons rattachés aux situations à risque retenues.

Tableau 1. Méthodologie utilisée

Observations participantes	Traces des tâches et des activités des raideurs	Entretiens avec le concepteur du raid
Compréhension globale du raid Repérage des risques en lien avec l'hostilité de l'environnement Repérage des habitudes de fonctionnement	Chronologie des tâches et des activités menées chaque jour Organisation du travail sur le raid en lien avec la gestion de risques	Repérage et validation des situations à risque Compréhension des dispositifs de sécurité mis en place, à travers la conception et l'organisation du raid

3. Résultats

- 22 Les résultats présentés montrent dans un premier temps une catégorisation des situations à risque sur le raid ainsi que les dispositifs de sécurité proposés lors de la conception. Dans un deuxième temps, l'organisation des tâches et des activités des raideurs sur une journée type est exposée, permettant l'anticipation des risques. Dans un troisième temps, les savoir-faire spécifiques au travail en conditions extrêmes développés par les raideurs sont établis, dissociant les savoir-faire de métier de prudence.

3.1. Une sécurité garantie par la conception particulière du raid

- 23 À partir des observations et des entretiens menés avec le concepteur du raid, 11 situations à risque ont été recensées et ont été classées selon 2 catégories : 7 situations à risque de classe 1 sont inhérentes aux systèmes de survie ; 4 situations à risque de classe 2 ne sont pas directement en lien avec les systèmes de survie.
- 24 Deux types de risque apparaissent, tous aboutissant à un engagement du pronostic vital. Les risques inhérents aux systèmes de survie, anticipés par le concepteur et préparés par le chef de convoi ont été catégorisés comme étant des risques de classe 1 ; ceux qui ne sont pas en lien direct avec les systèmes de survie et pour lesquels aucune action de préparation ne peut être

envisagée ont été catégorisés risques de classe 2. Pour chaque situation à risque, les dispositifs déployés par le concepteur du raid sont indiqués (tableau 2).

3.1.1. Les risques de classe 1

25 Des risques en lien avec les systèmes et unités de survie (carburant, communication, navigation, nourriture), anticipables, ont été relevés : (1) *épuiement du carburant*. Au-delà de la nécessité du carburant pour le déplacement du convoi, il permet d'alimenter le groupe électrogène qui produit l'énergie électrique et le chauffage. Déposant des cuves contenant le carburant du retour à l'aller, le chef de convoi doit s'assurer de ses calculs afin que le convoi ne manque pas de carburant au retour (tableau de conversion distances consommation volume). Pour pallier une erreur possible, ou un évènement inattendu, des « cuves tampons » ont été placées sur le parcours pour faire face à cette situation ; (2) *la perte des systèmes de production* (énergie, chauffage, eau potable) : à ces températures, il serait très difficile de rentrer sans chauffage. Pour anticiper ce risque, plusieurs solutions sont déployées : la présence d'un générateur portatif et des générateurs installés sur les prises de force des tracteurs ; (3) *l'arrêt des systèmes de communication* : dans une telle situation d'isolement, le raid doit assurer ses moyens de communication. Pour cela, plusieurs dispositifs utilisant des moyens différents (HF, constellations de satellites télécom différentes) seront employés. Par ailleurs, un compte rendu quotidien est rédigé par le chef de convoi pour la localisation du raid par les autorités ; (4) *l'arrêt des systèmes de navigation* : en cas de mauvais temps, il devient difficile de se repérer dans le désert de glace. Les engins sont équipés de GPS, mais d'autres moyens sont présents à bord du raid en cas de besoin, par ailleurs le suivi de constellations différentes assure aussi la sécurité ; (5) *incendie des caravanes vie, énergie, vivres* : chaque caravane est séparée des autres, elles sont installées sur des châssis différents et ne communiquent pas physiquement entre elles ; en conséquence les raideurs sont obligés de passer à l'extérieur pour se rendre d'une caravane à une autre ; (6) *perte de nourriture (rupture de la chaîne du froid, défaut de conservation)* : la bonne forme des opérateurs nécessite une alimentation convenable. Ainsi, en parallèle avec la nourriture congelée, le raid dispose d'un magasin chauffé (+4 °C). Cette unité, reliée au générateur électrique, est chauffée à l'occasion de chaque arrêt (l'isolation est suffisante pour garantir le maintien de la température positive pendant une dizaine d'heures). Des dépôts de nourriture supplémentaires sont répartis à d'autres emplacements du convoi. À côté de la nourriture conservée à température positive, il y a les plats préparés à l'avance et congelés ; (7) *figeage du carburant* : le carburant utilisé est du carburant diesel et risque de figer aux températures auxquelles le raid peut être soumis. Si le carburant fige, il devient impossible d'alimenter le groupe électrogène (électricité, chauffage) et de continuer à déplacer le convoi. Pour anticiper ce risque, plusieurs solutions ont été appliquées : le carburant est distillé spécifiquement (déparaffiné), du kérosène est transporté sur le convoi (il fige à des températures plus basses mais est moins lubrifiant, il est utilisé en mélange au gasoil), des résistances électriques pour liquides sont emportées, enfin, une cuve est équipée d'une couverture chauffante extérieure sous un manteau isolant.

3.1.2. Les risques de classe 2

26 Ces risques, qui ne sont pas en lien direct avec les systèmes et les unités de survie (santé des raideurs, réparation des engins, tempêtes, crevasses), sont difficilement anticipables : (1) *des zones de crevasses* existent sur la route du raid (figure 1). Un engin peut y tomber, voire des charges. Pour anticiper ce risque, un sondage à l'aide d'un géoradar des parties de route à risques est effectué à chaque début de saison (avant le géoradar, ce sondage était effectué à pied avec des tiges métalliques). La route du raid est ainsi revue régulièrement en tenant compte de ces zones particulières ; (2) *les pannes d'engins et casses de matériels* nécessitent de réparer, ce qui reste une prise de risque dans ces conditions de froid. Quelles que soient la météo et les températures, les mécaniciens tentent de réparer les pannes quand elles surviennent. En cas de pannes non réparables sur le convoi, les matériels sont laissés sur le bord de piste pour être chargés/repris au retour. Éventuellement, si l'engin abandonné implique une perte de traction non compensable par une répartition de ses charges, il faudra les laisser également. Afin de gérer cette situation au mieux, un atelier et un magasin de pièces de rechange sont à bord

du convoi. Pour limiter les risques de casse, des machines de nivelage permettent d'aplanir la route, limitant/compensant ainsi les déformations du terrain. Enfin, exploitant l'expérience issue de chaque raid, des modifications continues sont apportées d'une saison à l'autre sur les matériels ; (3) *problèmes de visibilité en cas de mauvais temps* : en cas de mauvais temps (neige soulevée par le vent), la visibilité est parfois réduite à seulement quelques centimètres). Des attelages ou des personnes peuvent s'égarer. Comme il est impossible de se repérer pour s'orienter par mauvais temps, ces situations sont réglées par l'installation de systèmes de navigation maritimes (logiciels de navigation) dans plusieurs engins, dont la machine de tête. En outre, quelques tracteurs sont équipés de projecteurs puissants (utilisation de projecteurs de stade en guise de phares), d'autres de radars. Éventuellement une organisation spécifique est proposée : par exemple, le matin, en cas de mauvais temps, si le départ est possible malgré une visibilité réduite, les engins ne seront pas préparés et chauffés comme à l'accoutumée ; dans cette situation, le chef de convoi, à l'aide de ses projecteurs, guidera/accompagnera chacun avec son propre engin à ses charges pour s'atteler. En cas d'engins sous une congère après une tempête, et par visibilité réduite, seulement deux personnes iront déneiger ; (4) *les problèmes de santé, accidents, maladies* : les moyens médicaux sont réduits et ne permettent pas de soigner en urgence des maladies, des infections ou des problèmes physiologiques. L'altitude peut aussi créer des complications, tout comme le soleil avec la réverbération et l'atmosphère claire. Cumulées à la fatigue, des situations bénignes peuvent rapidement devenir périlleuses. De ce fait, un médecin est embarqué obligatoirement à bord du raid, ainsi qu'un conducteur supplémentaire.

27 Pour résumer, les résultats montrent que le raid a été conçu sous les contraintes de l'environnement polaire pour anticiper les situations à risque. Concernant notamment les risques de classe 1, les résultats soulignent le doublement des dispositifs pour assurer une sécurité au sein du raid. Chaque type de situation à risque a été pensé à travers la conception du raid. Ces dispositifs de sécurité renvoient à une sécurité réglée par le système, envisageant une redondance des systèmes de survie pour en assurer la sécurité globale. Les dispositifs de sécurité mis en œuvre sur le raid définissent une marge de manœuvre d'action pour les raideurs.

Tableau 2. Situations à risque et dispositifs développés sur le raid pour la sécurité

Situations à risque	Dispositifs de sécurité mis en œuvre (classés dans l'ordre de leur apparition/installation)
Risques de classe 1	
1. Épuisement du carburant : erreurs dans les calculs de carburant à emporter au départ du raid	- tableau de conversion pour calculer le carburant à déposer - dépôt « tampon » de carburant de secours à mi-chemin
2. Perte des systèmes de production d'énergie	- générateur portable - puis équipement de 2 tracteurs avec des générateurs - puis équipement de 4 engins avec générateurs et phares - emplacement dans le 1 ^{er} attelage du convoi
3. Arrêt des systèmes de communication	- émetteur récepteur radio HF - utilisation de terminaux Inmarsat M et C et Iridium (– multiplication des constellations – donne également + de confort) - comptes rendus journaliers avec coordonnées envoyés chaque soir pour la localisation du raid par les autorités
4. Arrêt des systèmes de navigation	- compas solaire et théodolite - récepteurs GPS (constellations Navstar US) - récepteurs bi-constellation (Glonass russe et Navstar US) - puis trois engins équipés de GPS multi constellations
5. Incendie des caravanes vie, énergie, vivre	- espaces séparés sur traîneaux différents
6. Perte de nourriture (rupture de la chaîne du froid, défaut de conservation)	- nourriture de base congelée - dépôts de nourriture supplémentaires - magasin +4 °C
7. Figeage du carburant (dû aux températures basses)	- carburant diesel traité (déparaffinage) - emport de kérosène à mélanger (plus résistant au froid) - emport de résistances de chauffage pour liquides

	- cuve 12 m ³ équipée d'une couverture chauffante extérieure et d'un manteau isolant (24 kw – 6 m ²), pouvant être branchée sur une génératrice de tracteur pendant la journée
Risques de classe 2	
1. Zones de crevasses	- sondage avec des tiges métalliques - route élaborée en fonction des crevasses - sondage à l'aide d'un géoradar géologique/ glaciologique au début de chaque saison
2. Pannes d'engins, casses de matériel	- atelier de réparation et pièces de rechange à bord du convoi - machines de nivelage permettant d'aplanir la route - modifications continues apportées sur les engins et le matériel pour les adapter aux contraintes de traction et de froid et pour diminuer la résistance à la traction
3. Problèmes de visibilité en cas de mauvais temps : engins, charges, personnes égarées	- systèmes de navigation dans l'engin de tête - 4 tracteurs équipés de projecteurs - 2 tracteurs équipés de radars - organisation spécifique de l'arrêt du convoi
4. Problèmes de santé (liés à la réverbération, l'altitude, la fatigue, aux blessures, aux infections)	- intégration d'un médecin dans la composition du raid - présence d'un conducteur supplémentaire

3.2. Une organisation particulière du travail visant la sécurité

3.2.1. Un enchaînement des tâches sur la journée

28 La nature des tâches menées sur le raid permet d'assurer une prévention des pannes (figure 2). Quatre tâches principales composent une journée type de raid : (1) *la préparation des engins et du convoi au matin* consistant à mettre les machines de traction à température avant le départ (chenilles, moteurs, éléments mécaniques...) puis à se placer dans le convoi pour le recomposer. Cette étape est prévue pour minimiser les risques de casses et de pannes au démarrage ; (2) *la conduite-veille des engins*, le conducteur de tracteur veille au bon fonctionnement de sa machine (température d'échappement, tours moteur et autres indicateurs), il coordonne sa vitesse avec les autres engins de l'attelage, est attentif au comportement des charges et à toutes traces anormales au sol ; (3) *l'organisation du convoi à l'arrêt* ou constitution du parking du soir : une fois la caravane stationnée sur une route nivelée, les engins sont dételés des charges et vont se positionner perpendiculairement (et très rapprochés) à l'ensemble caravanes vie/énergie de façon à créer un couloir de circulation entre l'avant de l'engin et le côté de la caravane. Cette disposition permet (a) de protéger les raideurs lorsqu'ils sortent pour passer d'une caravane à une autre en cas de mauvais temps et de ne pas s'égarer ; (b) d'éviter la formation de congères trop proches des caravanes en les rejetant derrière l'engin ; (c) de protéger l'avant des engins du vent et de la neige ; (d) de faciliter le départ le lendemain matin sans avoir à déneiger complètement des engins ensevelis ; (4) *les travaux du soir* : cette phase, composée de la maintenance des engins, de la vérification des charges, et des pleins de carburant, permet d'anticiper les risques. Les tâches de maintenance reposent sur la diversité des compétences mécaniques, notamment en fonction des types d'engin : deux mécaniciens spécialistes des machines de nivelage, trois mécaniciens spécialistes des tracteurs à chenilles Caterpillar, deux autres personnes sont chargées de vérifier toutes les charges et les traîneaux, deux autres sont chargées de faire les pleins de carburant de tous les engins. Enfin, le médecin qui est aussi « intendant et cuisinier », dans un souci d'optimisation du temps global, prépare les repas, notamment le soir pendant les activités de maintenance.

29 Cette distribution des tâches contribue à la sécurité globale sur le raid. Les repas sont des périodes d'échanges collectifs, servant parfois de débriefing ou de discussion autour de diagnostics de pannes. Le repos est indispensable pour gérer les efforts sur la durée du raid. Toutes ces tâches s'enchaînent sans repos pour gagner en temps et ainsi minimiser la durée d'exposition aux basses températures.

Figure 2. Anticipation des risques par l'enchaînement des tâches sur une journée type de raid

	7h30	8h30	9h30	10h30	11h30	12h30	13h30	14h30	15h30	16h30	17h30	18h30	19h30	20h30	21h30	22h30	23h30	00h30	01h30	06h30	
Préparation des engins et du convoi	■																				
Conduite, veille		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Repas								■								■	■	■			
Préparation du parking pour la nuit														■	■						
Maintenance														■	■						
Repos																		■	■	■	■

3.2.2. Une répartition et une synchronisation des tâches de maintenance

30 Si on ne s'attache qu'aux activités de maintenance, nous constatons que tout le monde y participe, chacun dans son domaine. Aucune activité de maintenance n'est menée seule, mais toujours au minimum par binôme pour les activités extérieures. Seul le médecin chargé de la préparation du repas sera en intérieur et seul dans l'exécution de sa tâche. Pour toutes les tâches, les opérateurs commencent le travail ensemble et le terminent ensemble (figure 3).

31 Le chef de convoi effectue la vérification des charges avec un autre raideur avant de s'atteler au contrôle de l'ensemble des travaux et à la rédaction du compte rendu quotidien.

32 La tâche des pleins en carburant des engins est longue et s'effectue en plusieurs étapes : tout d'abord il faut que la surface où stationnera la cuve de service à côté de la caravane énergie (et du groupe de filtration/pompage) soit plane et de niveau pour éviter les erreurs de jaugeage. Ensuite, il faut connecter la manche d'aspiration en haut de la cuve et ouvrir les vannes du circuit. Il faut démarrer la pompe, dérouler les flexibles de remplissage jusqu'aux réservoirs, puis ouvrir d'autres vannes et, enfin, faire les pleins en passant d'un engin à l'autre. Il faut entre une heure et une heure trente pour effectuer cette opération à deux techniciens. Une fois terminée, il faut refermer les vannes, enrrouler les flexibles, débrancher et enrrouler la manche d'aspiration et jauger la cuve. La hauteur de carburant restante sera transmise au chef de convoi pour ses calculs. Cette tâche étant longue, les mécaniciens qui ont terminé les opérations de maintenance des engins aident les deux personnes chargées des pleins. Une entraide informelle s'instaure pour gagner du temps, réduire le temps d'exposition aux températures extérieures et aussi pour aller prendre le dîner. Ainsi, les travaux du soir se termineront de manière synchronique, de sorte (1) à ce que personne ne reste seul au froid et (2) à limiter la durée de travail à l'extérieur. On peut donc en conclure que la sécurité est assurée par le groupe complet des raideurs. La figure 3 montre l'activité des 10 raideurs (R1 à R10), leur spécialité (M = mécanicien (R8) ; Mchar = mécanicien en vérification des charges (R1 et R2) ; Mcat = mécanicien caterpillar (R3 à R5) ; MNiv = mécanicien Niveleuse (R6 et R7) ; Sc = scientifique, soit le premier auteur de l'article (R9) ; Méd = médecin (R10). R1 est le chef de convoi, celui qui prend les décisions et qui a la responsabilité des neuf autres personnes.

Figure 3. Anticipation des risques par la synchronisation à deux des tâches de maintenance

	(R1) Vérif- Char- CR	(R2) Mchar	(R3) Mcat	(R4) Mcat	(R5) Mcat	(R6) MNiv	(R7) MNiv	(R8) M	(R9) Sc	(R10) Méd
20 h 30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21 h	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21 h 30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22 h	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22 h 30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

3.3. Gestion de la sécurité par les savoir-faire des raideurs

33 Au-delà de cette organisation spécifique permettant de gérer le risque, des savoir-faire de prudence sont utilisés par les raideurs pour gérer la sécurité (tableau 3). Ces résultats sont avancés essentiellement par les observations participantes.

34 Les expériences vécues et cumulées au fil des raids ont amené à développer des savoir-faire spécifiques. Même si la plupart de ces personnels sont des mécaniciens engins de formation, le métier devra s'adapter aux conditions de travail en milieu polaire, et même si le but est de limiter le temps d'exposition aux températures basses, tous ont développé un savoir-faire de prudence pour se prémunir du froid ou s'en protéger pendant le travail, s'inscrivant davantage dans une sécurité gérée.

3.3.1. Des savoir-faire de métier

35 La technologie employée sur le raid force les mécaniciens à utiliser des matériels, matériaux ou des systèmes qui ne sont pas pris en charge par leur formation initiale en mécanique. Le matériel utilisé est très spécifique (voir tableau 2) et nécessite un apprentissage des opérateurs à leur utilisation. Pendant les interventions/réparations, la logique d'organisation du travail est contrainte par l'hostilité de l'environnement, comme par exemple la constitution de petites équipes de trois qui tournent pour réparer. Pendant qu'une équipe travaille, l'autre se réchauffe, alternant ainsi jusqu'à ce que l'engin soit réparé. Les raideurs doivent savoir utiliser les systèmes de navigation, de communication, les radars. Les mécaniciens doivent maîtriser l'utilisation des systèmes de production d'énergie (maintenance des armoires électriques et du groupe) ainsi que le matériel spécifique pour la réparation et la maintenance des engins.

3.3.2. Des savoir-faire de prudence

36 L'expérience emmagasinée au fil des raids leur a permis de développer des savoir-faire de prudence pour travailler dans le froid, comme par exemple la manière de se vêtir (en évitant toute humidité, tout en évitant beaucoup de couches de vêtement, puisque c'est la première couche d'air qui protège du froid). Ils connaissent des astuces qui leur permettent de se prémunir du froid. Ils apprennent à alterner le travail avec ou sans gants pour gagner en précision et en temps. Le travail dans ces conditions de froid pousse les opérateurs à agir de manière différente d'un travail similaire en France, en anticipant par exemple l'effet des températures quant aux solutions envisagées dans les modifications. Les savoir-faire développés par les raideurs visent principalement à organiser leur travail de sorte à effectuer les tâches le plus rapidement possible. En ce qui concerne la sécurité, le but final est de réduire la durée de travail en extérieur et de rester le moins longtemps possible en contact avec l'hostilité de l'environnement pour se préserver.

37 Ces savoir-faire de métier et de prudence peuvent se développer grâce à l'inexistence de procédure et de prescription formalisées offrant ainsi une liberté d'agir et d'autorégulation aux raideurs.

Tableau 3. Développement de savoir-faire spécifiques sur le raid

Savoir-faire de métier	Savoir-faire de prudence
Compétences mécaniques diversifiées et élargies	Se protègent et protègent les autres lors des manœuvres
Adaptation des interventions aux contraintes de froid	Rotation d'équipes pour rester le moins longtemps possible à l'extérieur
Connaissances spécifiques des symptômes des engins en traction dans des températures basses	Alternance du travail avec et sans gant
Compétences de diagnostic mécanique en conditions extrêmes	Savoir se préserver et gérer ses efforts
Connaissance des matériaux	Se protéger du froid : savoir s'habiller, chasser l'humidité
	Savoir vivre en groupe
	S'entraider pour réduire la durée de travail aux températures froides
	Savoir se synchroniser dans le travail avec les autres

4. Discussion

38 Cette étude exploratoire avait pour but de comprendre comment se construisait la sécurité en environnement hostile, sur le raid polaire. Les résultats montrent que la sécurité se joue

à trois niveaux : celui de la conception du raid (sécurité réglée), celui de l'organisation du travail pendant le raid (sécurité réglée et gérée) et celui du savoir-faire spécifique des raideurs (sécurité gérée). La sécurité est le critère dominant du point de vue de l'organisation. Le raid a été conçu autour de la gestion des situations à risque, notamment en pensant une organisation essentiellement centrée sur l'anticipation des risques (anticipables et non anticipables) en relation avec l'hostilité de l'environnement. Il s'agit d'une recherche de compromis entre les objectifs à atteindre (*acheminer le maximum de fret, en bon état et le plus vite possible, tout en consommant le moins de carburant possible*) et la gestion de risque, ce dernier étant prioritaire sur l'autre. Cette conception du raid conditionne l'organisation du travail dans la distribution des tâches et des activités. On constate que les déterminants du raid énoncés auparavant ont été dictés par l'environnement polaire et qu'il s'agit d'un ajustement aux contraintes et à la typicité de l'environnement favorable à l'activité humaine.

4.1. Des ressources offertes par l'organisation et une autonomie des raideurs

39 Ces premiers résultats mettent en évidence l'existence d'une sécurité réglée de manière informelle par la conception du raid. Autrement dit, la construction du raid pensée autour des situations à risque offre une marge de manœuvre dans laquelle les raideurs peuvent naviguer. Ainsi le risque, notamment en ce qui concerne les systèmes de survie, est pris en charge par l'organisation générale du raid, tant dans les choix de technologies et de matériaux que dans l'organisation du convoi. Cette sécurité réglée laisse une autonomie suffisante aux raideurs pour qu'ils développent de nouveaux savoir-faire à l'intérieur de la marge de manœuvre laissée par le système. Ces résultats confirment la littérature : pour gérer la sécurité en contexte dynamique, l'opérateur s'octroie des marges de manœuvre qui renvoient à un espace de liberté autorisé par l'organisation et permettant de réduire l'incertitude. Les opérateurs adaptent alors leurs actions en fonction de leur savoir-faire (Amalberti, 1996 ; Coutarel, 2004 ; Valot, 1998). L'autonomie des raideurs dans les actions (grâce à l'inexistence de prescriptions formalisées) permet l'adaptation de leur mode opératoire selon la variabilité des situations. À l'intérieur de la marge de manœuvre définie par l'organisation, les raideurs sont libres de procéder comme ils le souhaitent, de manière autonome. Cette autonomie devient alors un garant de la sécurité développée sur le raid.

40 Il s'agit bien d'une articulation entre la sécurité réglée et gérée, servant à la fois l'organisation et les raideurs. Les opérateurs investissent et naviguent dans cette marge de manœuvre dans laquelle ils construisent leur sécurité. Elle devient une ressource pour déjouer les contraintes (Chassaing, 2006). Au contact des situations à risque, et parce qu'il n'existe pas de prescription (et donc de l'autonomie), les raideurs développent de nouveaux savoir-faire qui modifient sans doute à terme leur perception du risque. La sécurité gérée par les opérateurs permet de rendre de la flexibilité au système raid et ainsi de le sécuriser : les raideurs vont s'ajuster au fur et à mesure des événements et gérer le risque au coup par coup. Il est ainsi nécessaire que les opérateurs préservent cet espace pour gérer leur sécurité et celle du système. La conception du raid propose une sécurité réglée de fait par l'utilisation, entre autres, du matériel et de la technologie spécifiques. Le filet de sauvetage ne repose donc pas sur des procédures et des prescriptions (Cellier et coll., 1996) sur l'intégration de matériels et technologies présentant leur propres limites fonctionnelles. Cette évolution matérielle a permis par la suite la redondance des systèmes de survie. Si la sécurité réglée semble reposer essentiellement sur la multiplicité des ressources utilisables par les opérateurs, la sécurité gérée ne peut s'épanouir que dans un contexte de liberté et de choix.

4.1.1. Des ressources proposées par l'organisation, plus que des barrières

41 Les travaux sur l'ultra sécurité ont mis en avant l'existence de barrières pour empêcher certaines actions des opérateurs pouvant les mettre en danger (Amalberti, 2004). D'après les résultats de cette étude, aucune action n'est empêchée par l'organisation elle-même, ne serait-ce que par l'utilisation du matériel. Il ne s'agit donc pas de barrières. Lorsque les cuves tampons sont mises en place, ce n'est pas pour empêcher le chef de convoi de commettre des erreurs, mais bien pour lui apporter une solution supplémentaire. Ainsi, l'organisation n'a mis

en place aucune action d'empêchement, mais une logique de sécurité à travers la facilitation de l'accès à une multiplicité de ressources.

42 Dans l'environnement polaire, le risque est difficilement supprimable, puisqu'il provient essentiellement de l'environnement polaire, de son incertitude et de l'isolation géographique induite. Les barrières de défense que propose Hollnagel (2008) pour anticiper les risques ne semblent pas apparaître sous cette forme sur le raid : les seules défenses existantes reposent sur les systèmes, technologies et matériels utilisés (barrières de défense fonctionnelles ?), mais qui offrent par ailleurs une ouverture du champ des possibles des raideurs. Il s'agit donc bien plus de ressources supplémentaires proposées aux opérateurs, accroissant leur liberté d'action, que de barrières. L'environnement contraint les raideurs, ou leur offre la possibilité de procéder de manière adaptée, en tenant compte, à chaque action entreprise, des conséquences par rapport à la spécificité de l'environnement polaire. L'organisation instaure une sécurité réglée par la conception du raid et l'organisation du convoi, complétée par une sécurité gérée par les raideurs qui développent des savoir-faire de prudence qui s'affinent au fil des raids. Ces ressources offertes par l'organisation laissent une liberté d'action aux opérateurs, ne serait-ce que dans le choix des systèmes utilisés. Ce type d'organisation leur permet alors de développer de nouveaux savoir-faire spécifiques à la gestion des situations à risque. C'est en étant confrontés à des contraintes (les pannes dans le cas du raid) et à la recherche de solutions adaptées que les opérateurs créent et innovent (Bonnardel, 2006).

4.1.2. *Engagement, autonomie et développement de savoir-faire*

43 D'après nos résultats, les raideurs développent des savoir-faire spécifiques à cet environnement de travail en conditions extrêmes grâce à la marge de manœuvre libérée par l'organisation. Pour éviter les accidents et les efforts inutiles, les raideurs développent des savoir-faire de prudence pour assurer concrètement leur sécurité, notamment en limitant le temps d'exposition aux températures froides. Pour cela, ils apprennent à organiser leur travail (enchaînement et synchronisation) en tenant compte des contraintes techniques du travail, des spécificités de l'environnement et de la connaissance des autres raideurs (Cru, 1996 ; Llory et coll., 1994). Ces résultats confirment les études précédentes (Villemain et Lémonie, 2014) : la liberté et l'autonomie, ainsi que l'engagement délibéré des opérateurs dans des situations à risque sont des conditions (ou facteurs de conversion) pour qu'une contrainte devienne une ressource pour l'action.

44 Ainsi, bien que parfois l'abondance ou le manque de prescriptions (générateur de l'incertitude) empêche le développement de compétences (Delgoulet et Vidal-Gomel, 2013), nous sommes ici dans le cas où l'inexistence de prescriptions écrites dégage de l'autonomie et de la liberté aux raideurs. Les marges de manœuvre à l'intérieur desquelles ils peuvent naviguer sont prescrites de fait, en partie, par les modalités de conception du raid, et jouent un rôle fondamental dans le développement de nouveaux savoir-faire. L'organisation du raid permet cette liberté. D'ailleurs, il est possible que l'entraide repérée lors des travaux du soir et la synchronisation des tâches émanent de cette liberté dans la prise de responsabilité : les opérateurs s'engagent délibérément dans ce processus parce qu'il n'est pas dicté par les prescriptions. La sécurité gérée ne peut se construire que dans un environnement laissant suffisamment de liberté aux opérateurs, puisqu'elle permet la flexibilité et l'adaptabilité à la variabilité des situations et à l'incertitude.

45 Dans cette perspective, l'incertitude, caractéristique des environnements à risque (et polaires), ne serait pas tant une contrainte qu'une opportunité de création, d'innovation, de liberté et de développement des opérateurs (Bonnardel, 2006). Ainsi, l'aménagement des environnements de travail devrait permettre le développement de l'autonomie de leurs opérateurs pour assurer leur engagement d'une part dans la production et d'autre part dans la sécurité du système.

5. Conclusion

46 Cette partie se propose de mettre en avant les apports de cette recherche aussi bien sur le plan épistémique que transformatif. Les apports de cette étude du point de vue des connaissances en ergonomie (sur les environnements capacitants et le travail en conditions extrêmes), de l'applicabilité de ces résultats et de leur transfert à d'autres environnements à risque (comme

celui du spatial), et de la posture de l'ergonome soumis lui aussi à des conditions extrêmes dans son travail sont exposés.

5. 1 Des environnements à risque, des environnements capacitants ?

- 47 Les opérateurs en situation à risque, en environnement hostile, ou travaillant dans des conditions extrêmes, sont dans des environnements leur laissant la possibilité de développer de nouveaux savoirs et savoir-faire à condition qu'ils disposent de suffisamment d'autonomie dans le travail (Villemain, 2014 ; Villemain et Lémonie, 2014).
- 48 Cette organisation construite autour de la spécificité polaire débouche peut-être sur un allègement des procédures et des règles prescrites, la sécurité étant de fait assurée par l'organisation elle-même et les contraintes matérielles. Ces premiers résultats obtenus sur le raid laissent penser que les acteurs principaux développent de nouvelles compétences en matière (1) de savoir-faire de métier, sur le plan technique et mécanique grâce à l'arrivée régulière de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies (comme l'arrivée du géoradar de détection des crevasses par exemple et des engins dont les moteurs sont gérés par ordinateur), ou bien encore en diagnostic (sur la typicité des pannes et des symptômes des engins en contact avec les conditions polaires, sous les contraintes de traction par exemple), (2) de savoir-faire de prudence, à partir de leur expérience de gestion des situations à risque construite au fil des raids, comme savoir s'habiller sans humidité. C'est ce que l'ergonomie constructive propose à travers le concept d'environnement capacitant (Falzon, 2013).
- 49 La question se pose de savoir s'il s'agit d'environnement, d'organisation ou de situation capacitante. Le raid peut être considéré comme une organisation capacitante dans le sens où cette dernière met en place des règles d'organisation et de production d'un environnement capacitant (Fernagu-Oudet, 2012). Le travail en conditions extrêmes et en environnement polaire peut permettre le développement de savoir-faire des opérateurs, grâce à une autonomie et un engagement volontaire des opérateurs dans leur activité (Villemain et Lémonie, 2014). Les raideurs développent ainsi une connaissance d'eux-mêmes dans des situations polaires, leur permettant d'acquérir une expérience de gestion du risque. La notion d'hostilité de l'environnement polaire est toute relative, en référence à une norme et à un standard. L'hostilité n'existe que dans l'interaction entre les compétences professionnelles de l'opérateur déjà acquises et l'environnement de travail dans lequel il agit, ici polaire. Le raideur se construit un pouvoir d'agir dans ce type d'environnement. Pour les habitués, l'environnement polaire n'est plus hostile pour eux, juste un peu plus froid que leur environnement habituel en France.
- 50 Ce dernier point peut amener à discuter les risques en situation de travail en conditions extrêmes, bien souvent banalisés par les accoutumés. Que signifie dès lors « environnement à risque ? » Le développement de nouveaux savoir-faire modifie le regard porté sur le risque réel en situation extrême (par un sentiment de maîtrise du risque) et sans doute aussi les modes opératoires qui en découlent. Nous observons dans la littérature un glissement de la représentation du risque, qui se situe parfois dans les conditions de l'activité de travail des opérateurs (comme pour le raid), et qui parfois concerne les risques qui émergent des conséquences de l'activité de travail (comme les études menées sur l'industrie nucléaire ou le médical). Dans un cas, le risque est présent avant même que l'opérateur entame son travail, dans l'autre le risque est consécutif au travail effectué.
- 51 Par ailleurs, si l'environnement polaire (environnement extrême) peut être considéré comme étant un environnement capacitant (le cas du raid) c'est bien plus lié à l'existence des pannes dans cet environnement, qui donnerait la possibilité aux raideurs de développer de nouveaux savoir-faire. Au-delà de la typicité de l'environnement polaire qui, pour les opérateurs principaux, est largement banalisé, il semblerait que la contrainte ne se situe pas principalement sur le plan de l'environnement. D'ailleurs, la routine menace bien plus les raideurs que les dangers en tant que tels.
- 52 Raideurs depuis environ 10 à 15 ans, ils sont effectivement accoutumés à cet environnement hostile. Nous sommes dans un cas où le risque perçu est minimisé et ne renvoie pas à une contrainte. Les situations contraignantes sur le raid (pannes vécues) leur permettent de faire appel à leurs ressources et de développer de nouveaux savoir-faire. Ainsi, les contraintes sont

donc bien plus à comprendre du point de vue de l'activité que de l'environnement en tant que tel. Si l'environnement polaire peut être considéré comme étant capacitant c'est bien plus par le fait que les opérateurs sont obligés d'ajuster leur activité à la typicité de la panne (en interaction avec la typicité de cet environnement) qu'à l'environnement en tant que tel. À ce niveau d'expérience, les raideurs ont le sentiment de maîtriser le risque, et donc en partie l'environnement. Ce qui est capacitant pour eux, c'est de produire leur activité professionnelle dans cet environnement. C'est donc la pratique en milieu hostile qui nécessite l'adaptation de compétences professionnelles (déjà existantes en France) à la typicité de l'environnement.

5.2 Des prescriptions remplacées par des limites matérielles/ technologiques et le droit à l'erreur ?

- 53 Les résultats obtenus dans cette étude interrogent les environnements de travail facilitant le développement de compétences des opérateurs. Dans ce cadre, il apparaît que le peu de prescriptions, mêlé à des situations « d'inconfort » ou de situation problème (pannes) poussent les opérateurs à innover, créer, inventer. Pour cela, les organisations du travail devraient pouvoir élaborer des systèmes ouverts, utilisant la technologie/matériel comme limite mais aussi comme ressource. Ce type d'organisation permettrait, d'une part, d'alléger les prescriptions et, d'autre part, de rendre de la flexibilité au système, soit de l'autonomie aux opérateurs. Comme l'étude le montre, il est tout à fait possible d'envisager un cadre dont la périphérie serait définie par le matériel ou la technologie utilisée, régissant ainsi à la fois la sécurité tout en préservant l'autonomie des opérateurs pour construire la fiabilité organisationnelle.
- 54 Comme les prescriptions ne peuvent pas être exhaustives, il devient incontournable que les organisations encouragent les opérateurs à développer des stratégies adaptatives improvisées. Dans ce cadre, il faut que les raideurs aient une expérience d'improvisation réussie comme ratée. Ces propos ont été développés par Hutchins (1995) et partagés par Reason (1993) et Amalberti (1996) qui considèrent que l'homme apprend de ses erreurs. Il ne faut donc surtout pas lui supprimer la possibilité de tester, de vagabonder, les erreurs ayant un rôle positif dans le maintien d'un haut niveau de fiabilité. Il est nécessaire que les raideurs soient entraînés à bricoler des solutions d'improvisation, c'est ce que démontre aussi l'étude de Weick (1993).
- 55 Les conclusions obtenues dans cette étude permettent aussi d'envisager certains aspects applicables visant à faire évoluer l'organisation du raid vers encore plus de fiabilité, tout en visant le développement des opérateurs. La flexibilité, l'entraînement et la redondance sont les conditions qui permettent la fiabilité (Roberts, 1990). Dans le cas du raid, les résultats montrent que les systèmes de survie sont tous au minimum doublés, voire triplés. Les situations réelles sont vécues trois fois par an. Le manque de prescription préserve la flexibilité de l'organisation. Cependant, la mise en place d'entraînements à la flexibilité serait peut-être à envisager, à la fois pour les raideurs, mais aussi en utilisant le raid comme terrain d'entraînement à la flexibilité en conditions extrêmes (flexibilité dans les prises de décision par exemple ou dans le maintien d'un savoir-faire face aux black out par exemple ou aux incidents en cascade). Le raid polaire peut être considéré comme « un laboratoire en situation réelle », permettant de préparer éventuellement les astronautes aux vols habités de longue durée et, pourquoi pas, tous types d'organisations à risques désireuses de travailler la gestion de risque, la prise de décision en situation d'urgence. Ce terrain exceptionnel n'a pas atteint toutes ses potentialités.
- 56 La posture de l'ergonome dans un travail en conditions extrêmes mérite d'être soulevée. Mener des recherches dans un contexte aussi spécifique et complexe pose la question aussi des méthodologies utilisées. Il s'agit d'un travail *non stop* 24 h/24 h pendant vingt-trois jours pour prendre l'exemple du raid. L'ergonome participe donc à la vie de groupe et doit développer lui aussi un certain nombre de savoir-faire spécifiques et une posture de travail particulière. Car pour être embarqué à bord d'un convoi, ou dans n'importe quelle organisation à risque, dynamique, l'ergonome doit accepter de travailler avec le groupe, d'assumer des tâches nécessaires à la survie du groupe, sans être une charge pour le groupe. L'enjeu est d'obtenir son intégration au sein du groupe afin que les portes du terrain s'ouvrent. Il faut donc être autonome dans le travail du raid, jongler entre la casquette d'ergonome mais aussi celle

de raideur. Dans ce cadre, les outils de recueil de données doivent être suffisamment flexibles pour s'adapter aux contraintes de ce type de recherche. Voici la naissance d'une nouvelle forme d'ergonomie, en totale immersion (H 24 et pendant plusieurs jours), indispensable pour accéder à certains environnements à risque, dont les enjeux de postures et méthodologiques doivent être discutés, voire négociés.

- 57 Ces premiers résultats demandent à être confirmés par d'autres études provenant d'autres raids afin de diversifier les situations. Les incidents sont fréquents sur le raid, les prises de décision du chef de convoi en situation d'urgence sont centrales pour la sécurité des raideurs, la gestion des imprévus pensés et impensés ainsi que la planification et sa re-planification au cours du raid sont perpétuelles... Autant de sujets qui restent à explorer pour comprendre comment se construit la sécurité dans des conditions extrêmes de travail.
- 58 Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risques*. Paris : PUF, Coll. Le travail humain.
- 59 Amalberti, R. (2001). La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie française*, 46, 107-117.
- 60 Amalberti, R. (2004). De la gestion des erreurs à la gestion des risques. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 285-300). Paris : PUF.
- 61 Bonnardel, N. (2006). *Créativité et conception : approches cognitives et ergonomiques*. Collection Psychologie, théories, méthodes pratiques, Solal, Marseille.
- 62 Bourrier, M. (1999). *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*. Paris : PUF.
- 63 Cellier, J. M., De Keyser, V., Valot, C. (1996). *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*. Paris : PUF.
- 64 Chassaing, K. (2006). *Élaboration, structuration et réalisation des gestuelles de travail : les gestes dans l'assemblage automobile, et dans le coffrage des ponts d'autoroute*. Thèse de doctorat en ergonomie, Cnam, Paris.
- 65 Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité ?* Thèse de doctorat en ergonomie, Université Victor Segalen, Éditions du Laboratoire d'ergonomie des systèmes complexes, Bordeaux 2.
- 66 Cru, D. (1996). Les politiques de prévention des risques professionnels : Valoriser les savoirs collectifs. *Mensuel Page*, 2, 7.
- 67 Cuvelier, L. (2011). *De la gestion des risques à la gestion des ressources de l'activité : Étude de la résilience en anesthésie pédiatrique*. Thèse non publiée, Paris, CNAM.
- 68 Daniellou, F., Simard, M., Boissières, I. (2009). *Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : un état de l'art*. Toulouse : FonCSI.
- 69 Delgoulet, C., Vidal-Gomel, C. (2013). Le développement des compétences : une condition pour la construction de la santé et de la performance au travail. In P. Falzon (Coord.), *Ergonomie constructive* (p. 19-32). Paris : PUF.
- 70 Falzon, (2013). *Ergonomie constructive*. Paris : PUF.
- 71 Falzon, P. (2005). Ergonomics, knowledge development and the design of enabling environments. *Proceedings of the Humanizing Work and Work Environment HWWE'2005 Conference*. December 10-12 Guwahati, India ; 11-18 -E11/ACTI 16.
- 72 Fernagu-Oudet, S. (2012). Concevoir des environnements de travail capacitants : l'exemple d'un réseau réciproque d'échange des savoirs. *Formation emploi*, 119, 7-27.
- 73 Garrigou, A., Peeters, S., Jackson, M., Sagory, P., Carballeda, G. (2004). Apports de l'ergonomie à la prévention des risques professionnels. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 497-514). Paris : PUF.
- 74 Godon, P. (2004). COMNAP Symposium XI, Bremen, July. www.comnap.aq/Publications/Comnap%20Publications/Proceedings_of_the%20Eleventh_SCALOP_Symposium_2004.pdf
- 75 Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Aldershot, UK : Ashgate.
- 76 Hollnagel, E. (2008). Risk + barriers = safety ? *Safety Science*, 46, 2, 221-229.
- 77 Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA : the MIT Press.

- 78 Leplat, J. (2006). Risque et perception du risque dans l'activité. In D. R. Kouabenan, B. Cadet, D. Hermand, M. T., Munoz Sastre (Eds), *Psychologie du risque : identifier, évaluer et prévenir* (p. 19-33). Bruxelles : ouvertures Psychologiques, De Boeck.
- 79 Leplat, J., De Terssac, G. (Eds) (1990). *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Marseille : Éditions Octarès.
- 80 Lièvre, P. (2005). *Vers une logistique des situations extrêmes, de la logistique de projet du point de vue d'une épistémologie de l'activité d'une expédition polaire*. HDR, Université Aix Marseille II.
- 81 Lièvre, P. (2007), La logistique. Editions La Découverte, Collection Repères, Paris.
- 82 Lièvre, P., Aubry M. (2008). L'ambidextrie des chefs de projet : le cas des expéditions polaires. Colloque *Gérer la tension entre exploration et exploitation*, IREGÉ, Université de Savoie, 26 septembre.
- 83 Llory, A., Llory, M., Barraban, P. (1994). La mise en évidence des savoir-faire de prudence lors d'une enquête sur la sécurité. *Actes du 29^e Congrès de la Société d'ergonomie de langue française (SELF)*, 21-22 septembre, Paris, France.
- 84 Marc, J., Rogalski, J. (2009). How do individual operators contribute to the reliability of collective activity ? The case of a french medical emergency centre. In C. A. Owen, P. Béguin et G. Wackers (Eds), *Risky Work Environments : Reappraising Human Work within Fallible Systems* (p. 129 - 147). Aldershot UK : Ashgate.
- 85 Morel, G., Amalberti, R., Chauvin, C. (2008). Articulating the Differences Between Safety and Resilience : The Decision-Making Process of Professional Sea-Fishing Skippers. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50, 1-16.
- 86 Reason, J. (1993). L'erreur humaine (J.-M. Hoc, Trad.). Paris : PUF.
- 87 Rivolier J. (1998). Stress et situations extrêmes. *Bulletin de psychologie*, 51, 6.
- 88 Roberts, K. H. (Ed.). (1990). Managing High Reliability Organizations. *California Management Review*, 3, 101-113.
- 89 Roux-Dufort, C. (2003), *Gérer et décider en situation de crise*, Paris : Dunod.
- 90 Valot, C. (1998). *Métacognition et connaissances métacognitives : Intérêt pour l'ergonomie*. Thèse de doctorat en ergonomie, Toulouse, Université Toulouse le Mirail.
- 91 Van Daele, A., Carpinelli, F. (2001). La planification dans la gestion des environnements dynamiques quelques apports récents de la psychologie ergonomique. *Psychologie française*, 46, 2, 143-152.
- 92 Villemain, A. (2014). Étude exploratoire de la construction de la sécurité en environnement hostile : L'exemple du raid polaire. *Actes du 49^e Congrès de la SELF*, 1-3 Octobre, La Rochelle, France.
- 93 Villemain, A., Lémonie, Y. (2014). Environnement capacitant et engagement des opérateurs : une mise en débat à partir de l'activité des techniciens de la base polaire Dumont D'Urville. *@ctivités*, 11, 2. www.activites.org/v11n2/Villemain.pdf
- 94 Villemain, A., Godon, P. (2014). Les expéditions en véhicules à travers la calotte polaire Antarctique : Comment se construit la sécurité sur le raid ? *10^e Journée du Comité National Français de la Recherche sur l'Antarctique et l'Arctique (CNFRA)*, 26-27 Mai, Rennes, France.
- 95 Weick, K. (1993). The vulnerable system : An analysis of the Tenerife air disaster. In Roberts, K. (Ed.), *New challenges to understanding organizations* (p. 173-198). New York, NJ : Macmilan Publishing Co.
- 96 Wolff, M., Spérandio, J.-C. (2004). Le travail en conditions extrêmes. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 115-128). Paris : PUF.

Notes

1 Pour plus de détails, voir Godon (2004).

Pour citer cet article

Référence électronique

Aude Villemain et Patrice Godon, « Construction de la fiabilité organisationnelle en environnement extrême à partir de la sécurité réglée et gérée : étude de cas du raid Concordia », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 17-1 | 2015, mis en ligne le 01 mai 2015, consulté le 23 août 2015. URL : <http://pistes.revues.org/4455>

À propos des auteurs

Aude Villemain

Université de Reims Champagne-Ardenne, CRTD, Laboratoire d'ergonomie, CNAM, Paris,
Aude.villemain@univ-reims.fr

Patrice Godon

Institut polaire français Paul Emile Victor (IPEV), Technopole Brest Iroise

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

Cette étude exploratoire propose de comprendre comment se construit la sécurité (réglée et gérée) lors de raids de transport sur le continent Antarctique, composante incontournable de la fiabilité organisationnelle. À partir d'observations participantes, de traces de l'activité et d'entretiens avec le concepteur du raid, il a été proposé un classement des situations à risque sur ces raids. Les premiers résultats montrent que la sécurité est (a) réglée par la conception du raid grâce à une redondance des systèmes de survie, (b) réglée par une organisation des tâches autour de l'enchaînement et de la synchronisation des actions, enfin (c) gérée par le développement de nouveaux savoir-faire de métier et de prudence. La discussion porte autour de la mise en place de marges de manœuvre définies par l'organisation et la conception matérielle, offrant une autonomie aux opérateurs, nécessaire pour développer une sécurité globale.

Building Organizational Reliability in Extreme Environments Based on Regulated and Managed Safety : the Concordia Traverse Case Study

This explorative study attempts to understand how regulated and managed safety was constructed during traverses on the Antarctic continent in order to ensure organizational reliability. Risk situations were ranked based on participants' observations, marks left by the activity, and interviews with the project manager. The first results showed that safety was ensured by: (a) a traverse design involving duplicated survival systems, (b) an organisation requiring the succession and synchronisation of tasks, and (c) the development of new know-how regarding safety and the various professions involved. The discussion of the results focuses on the room for manoeuvre induced by the organisation of the traverse and the equipment design, all of which enabled the operators to be self-sufficient, which is a fundamental necessity in developing overall safety.

Construcción de la fiabilidad de la organización en condiciones extremas a partir de la seguridad regulada y gestionada : estudio de caso de travesías Concordia

Este estudio exploratorio busca entender cómo construir la seguridad (regulada y gestionada) durante las incursiones de transporte en el continente antártico, componente clave de la fiabilidad organizacional. A partir de observaciones participantes, de trazas de la actividad y entrevistas con el organizador de las incursiones, se propuso una clasificación de las

situaciones a riesgo en estas incursiones. Los resultados iniciales muestran que la seguridad es (a) regulada por el diseño de la incursión a través de la redundancia del sistema de soporte vital, (b) regulado por una organización de las tareas entorno al encadenamiento y sincronización de acciones y finalmente (c) gestionado por el desarrollo de los nuevos “saber hacer” de la profesión y de prudencia. La discusión se centró en torno a la introducción de un margen de maniobra definido por la organización y la concepción material, proporcionando una autonomía a los operadores necesarios para desarrollar una seguridad integral.

Entrées d'index

Mots-clés : environnement polaire, sécurité, fiabilité organisationnelle, autonomie, compétences

Keywords : polar environment, safety, organisational reliability, self-sufficiency, skills

Palabras claves : medio ambiente polar, seguridad, fiabilidad de la organización, autonomía, competencias