

# *Systématique des Accidents d'Hélicoptères Militaires en République Démocratique du Congo (1970–1985) : Application des Modèles Shell et HFACS à une Base d'Archives*

## *[Systematic Analysis Of Military Helicopter Accidents In The Democratic Republic Of The Congo (1970–1985): Application Of The Shell And HFACS Models To An Archival Database]*

MARINUNGA THEODORE Pathy<sup>1</sup>; MPUTSHU BONYOMA Francis<sup>2</sup>; LOMEMBE OMOKOKO Marc<sup>3</sup>; LUBASEKO MINGIEDI Isaac<sup>1</sup>; LANGONA Josué<sup>1</sup>; NZILA KAMBUNGU Philippe<sup>1</sup>, ISIYO Faustin<sup>1</sup>; LUVUMBU NDANDAKASA Espérant<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa

<sup>2</sup> Institut Supérieur Pédagogique de Mbandaka

<sup>3</sup> Université de Lodja

<sup>4</sup> ISIPA/KIN

Correspondent author: MPUTSHU BONYOMA Francis, [francismputshubonyoma@gmail.com](mailto:francismputshubonyoma@gmail.com)



**Résumé :** Cette étude présente une analyse systémique des accidents d'hélicoptères militaires survenus en République démocratique du Congo (ex-Zaïre) entre 1970 et 1985. À partir d'un rapport de la 113e Base aérienne de Ndolo, complété par des archives et des témoignages, une base de données de 28 accidents a été constituée. Les événements ont été analysés à l'aide des modèles SHELL et HFACS afin d'identifier les facteurs techniques, humains, environnementaux et organisationnels.

Les résultats montrent que les accidents concernent principalement les hélicoptères Puma SA 330 et Alouette III, et surviennent surtout au décollage, à l'atterrissage ou en basse altitude. Ils résultent souvent d'une combinaison de pannes techniques, de conditions défavorables, d'erreurs humaines et de faiblesses organisationnelles.

L'étude met en évidence l'existence d'un schéma récurrent des accidents et confirme la pertinence des modèles SHELL et HFACS pour l'analyse de l'aviation militaire en Afrique centrale.

**Mots-clés :** hélicoptères militaires ; accidents ; modèles SHELL et HFACS ; base d'archives.

**Abstract:** This study presents a systemic analysis of military helicopter accidents that occurred in the Democratic Republic of the Congo (former Zaire) between 1970 and 1985. Based on a report from the 113th Air Base of Ndolo, supplemented by archival documents and testimonies, a database of 28 accidents was compiled. Events were analyzed using the SHELL and HFACS models to identify technical, human, environmental, and organizational factors.

Results indicate that most accidents involved Puma SA 330 and Alouette III helicopters, mainly during takeoff, landing, or low-altitude flight. They often resulted from a combination of technical failures, adverse conditions, human errors, and organizational weaknesses.

The study highlights a recurrent pattern of accidents and confirms the relevance of the SHELL and HFACS models for analyzing military aviation in Central Africa.

**Keywords:** military helicopters; accidents; SHELL and HFACS models; archival database.

## 1. INTRODUCTION

Les hélicoptères occupent depuis les années 1970 une place stratégique dans les opérations militaires en République Démocratique du Congo (RDC), alors République du Zaïre. Ils assurent des missions de transport de troupes, de ravitaillement de détachements isolés, d'évacuation sanitaire, de reconnaissance et de liaison. Compte tenu de l'étendue du territoire, de la rareté des infrastructures routières praticables et de l'instabilité de certaines régions, les hélicoptères constituent souvent le seul moyen de projection rapide de la force et de soutien logistique.

Cette importance opérationnelle s'est accompagnée d'une sinistralité significative, en particulier pour les hélicoptères de transport moyen et légers polyvalents. Pourtant, les accidents d'hélicoptères militaires survenus au Zaïre/RDC restent peu documentés dans la littérature scientifique. La plupart des travaux sur la sécurité des hélicoptères concernent des contextes civils ou militaires occidentaux, alors que les réalités africaines, notamment en Afrique centrale, demeurent largement sous-étudiées.

La présente contribution s'inscrit dans un travail de recherche plus large, consacré à la « systématique des accidents des hélicoptères militaires de la République Démocratique du Congo (1970-1990) ». L'objectif de cet article est plus circonscrit: proposer une analyse détaillée de la période 1970-1985, en appliquant les modèles SHELL et HFACS à une base archives militaires. Il s'agit de montrer, d'une part, que les accidents d'hélicoptères militaires congolais/zaïrois obéissent à des schémas récurrents, et, d'autre part, que ces schémas peuvent être éclairés par des cadres théoriques développés principalement dans d'autres contextes.

## 2. Problématique et objectifs

La question centrale à laquelle cet article tente de répondre est la suivante: Dans quelle mesure les accidents d'hélicoptères militaires survenus en RDC (Zaïre) entre 1970 et 1985 répondent-ils à des schémas récurrents pouvant être formalisés et analysés à l'aide des modèles SHELL et HFACS ?

À partir de cette problématique, trois objectifs spécifiques ont été définis :

- décrire les caractéristiques principales des accidents (types d'appareils, phases de vol, contextes de mission);
- appliquer les modèles SHELL et HFACS à une base d'archives militaires pour identifier les facteurs techniques, humains, environnementaux et organisationnels;
- mettre en évidence l'existence d'une «systématique» des accidents d'hélicoptères militaires dans le contexte congolais/zaïrois de la période étudiée.

L'enjeu est double: scientifique, en contribuant à la documentation et à la compréhension | de la sécurité aérienne militaire en Afrique centrale; et pratique, en apportant aux décideurs militaires et aéronautiques des éléments pour orienter les actions de prévention.

## 3. Revue de la littérature

### 3.1. Le modèle SHELL

Le modèle SHELL, proposé initialement par Edwards puis largement diffusé dans le domaine aéronautique, envisage la sécurité comme le résultat d'interfaces entre différents composants du système: Software (procédures, règlements, manuels), Hardware (aéronef, moteurs, instruments, équipements), Environment (environnement physique et opérationnel) et Liveware (l'être humain), complété par l'interface Liveware-Liveware interactions entre personnes). L'intérêt de ce modèle réside dans sa capacité à structurer l'analyse sans réduire l'accident à un facteur unique. (International Civil Aviation Organization, 2016).

### 3.2. Le cadre HFACS et le modèle de Reason

Inspiré du modèle de Reason sur les « défenses en profondeur » et les défaillances latentes, le Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) propose une classification à quatre niveaux: actes non sûrs (erreurs et violations), conditions

préalables aux actes non sûrs, supervision déficiente et influences organisationnelles. HFACS a été largement utilisé pour analyser des accidents d'aviation civile et militaire, notamment aux Etats-Unis, mais également dans d'autres secteurs à risque (Shappell & Wiegmann, 2000; Wiegmann & Shappell, 2001)

### **3.3. Accidents d'hélicoptères : apports de la littérature**

La littérature internationale sur les accidents d'hélicoptères met en évidence plusieurs tendances: une forte proportion d'accidents en phases critiques de vol (décollage, approche, vol basse altitude), un rôle important des facteurs environnementaux (météo, obstacles, terrains sommaires), et une combinaison fréquente de facteurs techniques, humains et organisationnels. Les études du Joint Helicopter Safety Analysis Team (JHSAT), par exemple, ont montré l'importance des facteurs de décision, de compétence et de gestion des risques dans les accidents d'hélicoptères civils et parapublics (JHSAT, 2011)

### **3.4. Spécificités des contextes africains et militaires**

Les travaux portant sur la sécurité des opérations aériennes en Afrique subsaharienne restent limités. Plusieurs auteurs soulignent cependant l'importance des contraintes logistiques, des faibles ressources de maintenance, des environnements opérationnels difficiles et de cultures organisationnelles marquées par une forte hiérarchie, qui peuvent influencer sur la sécurité. Dans le domaine militaire, s'ajoutent des facteurs liés au secret-défense, aux contraintes opérationnelles et à la priorité accordée à la mission, parfois au détriment de la prudence (International Civil Aviation Organization, 2016)

Ce cadre théorique fournit les outils nécessaires pour analyser les archives congolaises/zaïroises et situer les résultats obtenus dans un débat plus large sur les facteurs humains et organisationnels en sécurité aérienne

## **4. Méthodologie**

### **4.1. Type d'étude**

La présente étude est de nature rétrospective, descriptive et analytique. Elle repose sur l'exploitation de données historiques couvrant la période 1970-1985 et sur l'application de grilles d'analyse systémique. L'approche est principalement qualitative, avec une quantification descriptive des fréquences et des répartitions.

### **4.2. Sources de données**

La source principale est un document interne de la 113<sup>e</sup> Base aérienne de N'DOLO, intitulé « Rapport des hélicoptères accidentés » (document interne non publié), qui répertorie les hélicoptères militaires accidentés sur une période donnée. Ce tableau comporte pour chaque cas le type d'appareil, la date approximative, le lieu de l'accident, l'équipage et une brève indication des causes ou circonstances.

Ce document a été complété par :

- des extraits d'archives disponibles au sein de la base (journaux de marche, correspondances, notes techniques);
- certains éléments des Réglementations aéronautiques de la République Démocratique du Congo (RACD), notamment en matière d'enquêtes sur les accidents;
- des témoignages oraux de pilotes et de mécaniciens, recueillis selon un guide d'entretien semi-directif (voir Annexes du mémoire).

### **4.3. Critères d'inclusion et constitution de la base d'accidents**

Ont été inclus dans la base :

- les accidents impliquant des hélicoptères militaires appartenant à la Force Aérienne zaïroise ou employés par des unités militaires ;

- survenus entre 1970 et 1985 ;
- pour lesquels au moins les informations suivantes sont disponibles: type d'appareil, date (ou période), lieu approximatif, contexte de mission et élément d'explication (cause probable ou circonstances).

Les événements trop lacunaires ou ambigus ont été exclus de l'analyse détaillée, tout en étant mentionnés comme «non exploitables ». La base finale comprend 28 accidents

#### 4.4. Construction des fiches d'accident

Pour chaque accident retenu, une fiche standardisée a été élaborée, comprenant notamment:

- type d'hélicoptère, immatriculation lorsque disponible ;
- année de survenue, lieu ou région ;
- phase de vol au moment de l'événement ;
- nature probable de la mission (transport de troupes, ravitaillement, liaison, entraînement, etc.);
- résumé narratif synthétique, reconstitué à partir des archives et témoignages ;
- conséquences humaines et matérielles.

#### 4.5. Codification selon SHELL et HFACS

L'analyse s'est déroulée en deux temps:

##### 1) Codification SHELL :

Pour chaque cas, les composantes Software, Hardware, Environment, Liveware et Liveware-Liveware impliquées ont été identifiées, en s'appuyant sur les informations disponibles et sur une interprétation prudente du contexte. L'objectif n'était pas de prétendre à une exhaustivité, mais d'identifier les interfaces les plus manifestement problématiques.

##### 2) Codification HFACS :

Dans un second temps, les éléments humains et organisationnels ont été classés selon les quatre niveaux d'HFACS. Cette étape s'est appuyée sur les descriptions d'archives, les témoignages et le contexte organisationnel général de la Force Aérienne à l'époque. Lorsque les données étaient insuffisantes pour préciser une catégorie, la case était laissée vide plutôt que complétée sur la base de suppositions.

#### 4.6. Limites méthodologiques

L'étude présente des limites inhérentes à toute recherche rétrospective en contexte militaire: incomplétude des archives, qualité variable des descriptions, absence de données d'exposition (heures de vol), impossibilité de recourir systématiquement à des rapports d'enquête détaillés. Ces limites sont discutées en fin d'article, mais n'empêchent pas de dégager des tendances robustes.

### 5. Résultats

#### 5.1. Répartition des accidents par type d'hélicoptère

Sur les 28 accidents analysés, on observe la répartition suivante :

- environ 15 accidents impliquent des hélicoptères de transport moyen Puma SA 330;
- 12 accidents concernent des hélicoptères légers polyvalents Alouette III ;
- 1 accident implique un hélicoptère de type Bell.

Cette répartition reflète le poids opérationnel des Puma et des Alouette III dans la flotte militaire zaïroise de l'époque. Plus un type d'hélicoptère est utilisé, plus sa probabilité d'être impliqué dans un accident augmente. Néanmoins, la répétition de certains scénarios sur ces types spécifiques justifie une analyse approfondie.

## 5.2. Phases de vol et contextes de mission

Les phases de vol au moment de l'accident sont majoritairement les suivantes (Joint Helicopter Safety Analysis Team, 2011) :

- décollage et montée initiale ;
- décollage et montée initial hante
- approche, finale et atterrissage ;
- vol basse altitude et vol stationnaire, souvent en terrain sommaire.

### Les missions concernées sont surtout :

- le transport de troupes vers des détachements isolés ;
- le ravitaillement logistique (vivres, munitions, carburant) ;
- des vols de liaison entre bases et détachements ;
- quelques vols d'entraînement.

Les accidents en croisière stabilisée sont rares, ce qui confirme le caractère critique des phases de transition et des opérations à faible hauteur, en particulier lorsque les marges de performance sont réduites.

## 5.3. Facteurs SHELL dominants

L'analyse SHELL met en évidence les tendances suivantes:

- Hardware (H): pannes moteur, défaillances de transmission ou de commandes, problèmes d'anti couple, performances limites de l'appareil en conditions « hot and high»;
- Environment (E): terrains sommaires non aménagés, obstacles (arbres, relief, câbles), vents locaux parfois mal appréciés, forte chaleur;
- Liveware (L): erreurs de décision dans le choix de décoller ou de poursuivre la mission, erreurs de pilotage en phase critique, difficultés à estimer les marges de puissance ou la hauteur en vol basse altitude;
- Software (S): procédures de calcul de masse et de performances peu formalisées, doctrine d'emploi des hélicoptères insuffisamment explicitée, check-lists parfois réduites à des usages coutumiers plutôt qu'à des documents standardisés;
- Liveware-Liveware (LL): communication parfois insuffisante au sein de l'équipage, influence de la hiérarchie opérationnelle, coordination incomplète avec les troupes au sol.

Loin de résulter d'un facteur isolé, la plupart des accidents apparaissent comme la rencontre de plusieurs maillons faibles dans la chaîne SHELL.

## 5.4. Facteurs HFACS identifiés

### 5.4.1. Niveau 1 : actes non sûrs

Au premier niveau, les actes non sûrs identifiés sont principalement :

- des erreurs de décision. notamment dans les choix GO/NO GO, la poursuite de missions en conditions limites ou la sélection de terrains;

- des erreurs de compétence (skill-based et rule-based), en particulier dans le pilotage en vol basse altitude, la gestion du couple, l'exécution des approches en terrain sommaire;
- quelques violations, parfois liées à des habitudes d'exploitation s'écartant des limitations officielles.

#### 5.4.2. Niveau 2 : conditions préalables

Les conditions préalables aux actes non sûrs concernent :

- la formation inégale des équipages, certains pilotes disposant d'une expérience limitée sur type;
- la fatigue opérationnelle, liée à l'intensité des missions et à la rudesse des conditions de travail;
- l'environnement de travail dans les cockpits, marqué par le bruit, la chaleur et une ergonomie parfois déficiente;
- des lacunes dans le fonctionnement de l'équipage (CRM): hiérarchie forte, difficulté à contester certaines décisions.

#### 5.4.3. Niveau 3 : supervision déficiente

Au niveau de la supervision, plusieurs éléments ressortent

- planification parfois sommaire des missions, sans évaluation systématique des marges de performance et des risques;
- suivi irrégulier de la formation continue et des recyclages :
- tolérance prolongée de pratiques d'exploitation à risque (surcharge, opérations en conditions limites).

#### 5.4.4. Niveau 4 : influences organisationnelles

Enfin, au niveau organisationnel, on relève :

- une culture de mission dominante, où la réussite de la mission prime sur la sécurité, surtout dans les périodes de tension;
- des contraintes logistiques et budgétaires pesant sur la maintenance, la disponibilité des pièces de rechange et les programmes de formation;
- l'absence de système structuré de gestion de la sécurité (SMS) et de dispositif institutionnalisé de retour d'expérience (REX).

### 6. Discussion des résultats

#### 6.1. Confirmer sans transposer mécaniquement

Les résultats confirment, dans le contexte congolais/zaïrois, plusieurs observations classiques de la littérature sur les accidents d'hélicoptères: rôle des phases critiques de vol, importance des facteurs environnementaux, combinaison de facteurs techniques, humains et organisationnels. Il ne s'agit pas pour autant de transposer mécaniquement des conclusions issues d'autres contextes. Les spécificités locales — logistiques, organisationnelles, culturelles - modulent les modes d'apparition des risques.

#### 6.2. Apports de l'approche combinée SHELL-HFACS

L'approche combinée SHELL-HFACS s'est révélée particulièrement pertinente. SHELL permet de structurer l'analyse autour des interfaces critiques, tandis que HFACS replace les actes individuels dans une perspective organisationnelle. La mise en évidence des influences organisationnelles (Niveau 4 HFACS) est essentielle pour passer d'une logique de culpabilisation des individus à une logique d'apprentissage systémique.

### **6.3. Vers une systématique des accidents**

La répétition de scénarios similaires (décollages en masse élevée en terrain chaud, approches en terrain sommaire avec vent défavorable, vols basse altitude en environnement forestier) permet de parler de « systématique » des accidents. Cette systématique n'est pas une loi déterministe, mais un ensemble de combinaisons récurrentes de facteurs, révélant des vulnérabilités structurelles du système.

### **6.4. Enjeux pour la prévention**

L'identification de ces schémas récurrents ouvre des perspectives concrètes pour la prévention: amélioration de la formation, formalisation des procédures, renforcement de la supervision, mise en place d'un retour d'expérience et, plus globalement, d'un SMS adapté au contexte militaire congolais.

## **7. Limites de l'étude**

L'étude présente plusieurs limites:

- la base de données est de taille modeste (28 accidents) et porte sur une période ancienne;
- les archives disponibles sont incomplètes et parfois sommaires, ce qui limite la précision de certaines codifications;
- l'absence de données d'exposition (heures de vol) ne permet pas de calculer des taux d'accidents par type d'appareil ou par mission;
- la nature sensible de certaines informations militaires rend difficile l'accès à des sources complémentaires.

Ces limites invitent à la prudence dans la généralisation des résultats. Elles plaident également pour le développement, à l'avenir, de systèmes de collecte de données plus complets et plus systématiques au sein des forces armées congolaises.

## **8. Conclusion**

Cette étude montre que les accidents d'hélicoptères militaires survenus au Zaïre/RDC entre 1970 et 1985 ne sont pas des événements isolés mais s'inscrivent dans des schémas récurrents pouvant être analysés à l'aide des modèles SHELL et HFACS. La combinaison de facteurs matériels, environnementaux, humains et organisationnels, observée dans la base d'archives, impose une approche globale de la sécurité des hélicoptères militaires. Au-delà du constat, les résultats constituent un socle pour la mise en place d'actions de prévention, de programmes de formation et, à terme, d'un véritable Système de gestion de la sécurité (SMS) adapté aux contraintes et aux réalités congolaises. Ils invitent également à poursuivre les recherches, en enrichissant la base de données d'accidents et en développant des analyses quantitatives lorsque les données d'exposition seront disponibles.

## RÉFÉRENCES

- [1]. 113e Base aérienne de Ndolo (s.d.), Rapport des hélicoptères accidentés. Document interne non publié.
- [2]. Autorité de l'Aviation Civile de la RDC (s.d.), Réglementation aéronautique de la RDC (RACD 19, RACD 20, RACD 05-3, RACD 07-3). Kinshasa.
- [3]. Edwards E. (1972). Man and machine: Systems for safety. Proceedings of the Thirteenth Annual Technical Symposium (BALPA), 14–16 November 1972.
- [4]. Hawkins, F. H. (1987). Human Factors in Flight. Aldershot: Ashgate.
- [5]. Hollnagel E. (2014), Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Aldershot: Ashgate.
- [6]. International Civil Aviation Organization. (2010). Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation (Doc 9756). Montréal: OACI.
- [7]. International Civil Aviation Organization. (2016). Safety Management Manual (SMM) (Doc 9859, 4e éd.). Montréal: OACI.
- [8]. Reason J. (1990), Human Error. Cambridge: Cambridge University Press.
- [9]. Reason J. (1997), Managing the Risks of Organizational Accidents. Aldershot: Ashgate.
- [10]. Shappell S. A., & Wiegmann, D. A. (2000), The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). DOT/FAA/AM-00/7.
- [11]. Wiegmann D. A. & Shappell S. A. (2003), A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System. Aldershot: Ashgate.
- [12]. Joint Helicopter Safety Analysis Team (JHSAT) (2011). The Compendium Report: Baseline of Helicopter Accident Analysis. JHSAT.
- [13]. Lübner, M. (s.d.). The Continuing Challenge of Aviation Safety in Africa.
- [14]. U.S. Government Accountability Office (GAO) (2009). Aviation Safety: Federal Efforts Help Address Safety Challenges in Africa (GAO-09-498).