

METHODE D'ANALYSE DES EVENEMENTS DE SECURITE

Approches combinées

→ Root Cause Analysis (5 Whys, Brainstorming, FTA)

Méthode des 5 Pourquoi

Cette technique consiste à poser la question « Pourquoi ? » plusieurs fois pour identifier la cause fondamentale d'un problème.

Brainstorming créatif

Le brainstorming permet d'explorer diverses hypothèses et solutions en encourageant la pensée collective et créative.

Analyse par Arbre de Défaillance

Le FTA utilise un diagramme logique pour visualiser les relations entre événements et causes dans une structure arborescente.

→ HFACS

Modèle en couches HFACS

modèle en couches pour classer les erreurs actives, conditions prédisposantes, facteurs organisationnels et influences externes.

Analyse approfondie des causes

HFACS étudie non seulement les actions immédiates mais aussi les causes profondes liées à la culture et aux politiques organisationnelles.

Amélioration de la sécurité

En identifiant les failles dans formation et supervision, HFACS permet des recommandations ciblées pour renforcer la sécurité.

→ AcciMap

Approche holistique d'analyse

AcciMap cartographie les causes d'accidents et analyse les événements complexes reliant réglementation, gestion, maintenance et opérations.

Interactions entre niveaux

Le diagramme montre comment décisions gouvernementales, politiques industrielles et actions terrain interagissent.

Processus

Étape 1 :
Préparation

Étape 2 :
Analyse des
données

Étape 3 :
Schéma
AcciMap

Étape 4 :
Synthèse et
reco

Étape 1 : Préparation

- Rassembler toutes les informations collectées.
- Inclure rapports d'examens, essais, tests et documents initiaux.

Étape 2 : Analyse des données

- Examiner données techniques, opérationnelles, organisationnelles et environnementales.
- Identifier tous les acteurs impliqués.
- Appliquer RCA :
 - 5 Whys
 - Brainstorming
 - Fault Tree Analysis
- Classer facteurs humains selon HFACS.

Méthodes RCA (5 Whys – Exemples 1)

→ CFIT :

- Pourquoi un CFIT (Collision with Terrain) a-t-il eu lieu ?
→ Pilote mal informé de l'altitude minimale de sécurité.
- Pourquoi l'altitude minimale n'était-elle pas respectée ?
→ Mauvaise gestion de l'approche en conditions météorologiques dégradées.
- Pourquoi la météo n'a-t-elle pas été correctement prise en compte ?
→ Informations ATIS incomplètes et absence de briefings détaillés.
- Pourquoi le pilote n'a-t-il pas compensé cette lacune ?
→ Manque de procédures locales pour les approches non stabilisées.

→ Perte de contrôle en montée :

- Pourquoi une perte de contrôle (Loss of Control) s'est-elle produite en montée ?
→ Panne moteur non anticipée.
- Pourquoi la panne moteur n'a-t-elle pas été gérée ?
→ Formation insuffisante aux procédures d'urgence spécifiques au type d'aéronef.
- Pourquoi la formation était-elle limitée ?
→ Programmes de formation non actualisés et suivi réglementaire faible.

Méthodes RCA (Brainstorming – Exemples 2)

→CFIT :

- approche non stabilisée + briefing insuffisant + limitations de navigation sur certains aérodromes + fatigue du pilote + manque de surveillance radar secondaire.

→Loss of Control :

- surcharge de travail en montée, alertes systèmes ignorées, communication cockpit faible, pression horaire de l'exploitant, instruments mal calibrés.

→Loss of Separation :

- trafic dense, contrôleurs ATC fatigués, procédures locales non harmonisées, absence de surveillance radar secondaire, communications ambiguës.

→Level Bust :

- pilote mal guidé par ATC, instruments de bord mal calibrés, fatigue de l'équipage, mauvaise coordination ATC-sol, distractions multiples.

→Ground Operation :

- signalisation défectueuse, manque de coordination ATC-sol, véhicules au sol non détectés, visibilité limitée, formation insuffisante du personnel au sol.

Méthodes RCA (Fault Tree Analysis – Exemples 3)

- Mauvaise gestion de l'approche + ATIS incomplet + fatigue pilote + briefing d'approche non appliqué + instruments altimétriques mal calibrés
 - CFIT
- Perte moteur + surcharge de l'équipage + instrument mal calibré + pression commerciale pour respecter le plan de vol + absence de SOP
 - Loss of Control
- Conflit radar non détecté + procédure ATC ambiguë + communication radio défaillante + absence de support radar secondaire + surcharge des contrôleurs
 - Loss of Separation

HFACS – Classification

- Erreurs actives (Unsafe Acts)
- Conditions prédisposantes
- Facteurs organisationnels
- Influences externes (réglementaires / sociétales)

HFACS (Exemples)

→ Erreurs Actives

- Checklists non respectées.
- Mauvaise manipulation commandes.
- Communication ATC erronée.
- Montage incorrect capteur.
- Inspection incomplète.
- Mauvaise interprétation alarmes.
- Erreur de configuration décollage.

→ Conditions prédisposantes

- Fatigue de l'équipage en raison de rotations prolongées.
- Fatigue du personnel de maintenance liée aux heures supplémentaires.
- Stress opérationnel dû à des contraintes météorologiques fortes.
- Éclairage insuffisant dans le hangar lors des inspections nocturnes.
- Fatigue cognitive due à des tâches administratives lourdes.
- Culture organisationnelle tolérante aux dérogations (shortcut culture).
- Défaut de communication linguistique (langue différente entre équipage et maintenance).

HFACS (Exemples)

→ Facteurs organisationnels

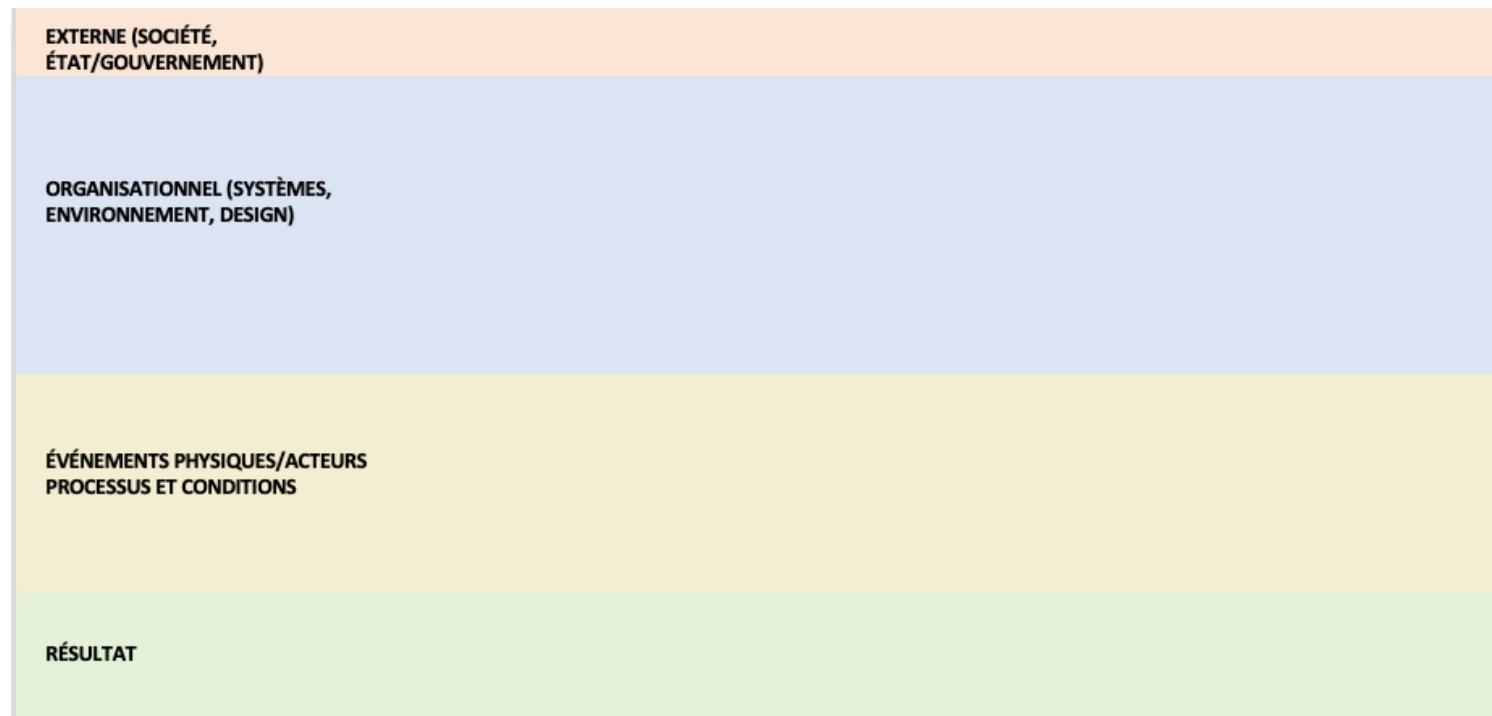
- Procédures d'entretien ambiguës ou incomplètes.
- Formation insuffisante ou non actualisée des techniciens.
- Supervision limitée lors d'opérations critiques (maintenance ou vol).
- Gestion inadéquate des ressources humaines ou matérielles.
- Culture de sécurité insuffisante dans l'organisation.
- Procédures opérationnelles inadaptées ou obsolètes.
- Formation insuffisante ou non actualisée pour contrôleurs.
- Gestion inadéquate des ressources humaines ou outils ATM.

→ Influences réglementaires / sociétales

- Divergences entre recommandations constructeur et réglementations locales appliquées par les exploitants africains.
- Contraintes saisonnières ou horaires liées au climat, aux flux de trafic régional et aux capacités d'infrastructure.
- Contraintes opérationnelles pour la performance du trafic aérien sur des espaces aériens congestionnés ou limités.
- Contraintes financières poussant les exploitants à retarder certaines inspections lourdes ou remplacement de composants critiques.
- Absence de mécanisme efficace de contrôle et de supervision des organismes de maintenance par l'autorité nationale.
- Tolérance excessive de l'autorité sur les délais d'application des Airworthiness Directives (ADs).

Étape 3 : Schéma AcciMap

- Positionner chaque facteur identifié.
- Niveaux : Externe, Organisationnel, Événements physiques, Résultat.
- Relier les facteurs pour représenter les interactions causales.



Étape 4 : Synthèse et recommandations

- Identifier causes principales.
- Déterminer facteurs contributifs.
- Formuler recommandations de sécurité.

Exemple d'analyse – Cas de l'accident du TN-AIQ

DOCUMENT D'ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT

A. Informations de base sur l'enquête		
Accident/Incident	Aéronef	Exploitant
ACCID	TN-AIQ	EKA
Enquête n°	Localisation	Date/Heure
BEA-02-2022	FCPP (Pointe Noire)	19/09/22 ; 17H55 (UTC)

Brève description de l'événement :

Lors du roulage après l'atterrissement, le train principal droit de l'aéronef s'est effacé. L'équipage a immobilisé l'appareil sans blessé. L'aéronef et la piste d'atterrissement ont subi des dommages structurels.

B. Processus d'analyse

Étape 1 : Préparation

- Acteurs impliqués dans l'événement:
 - Équipage de conduite (commandant de bord et copilote)
 - Service technique et maintenance d'Equaflight Service
 - Organisme de maintenance AIRMAIN
 - Autorité de supervision (ANAC)
- Informations pertinentes à l'analyse
 - Données CVR et FDR
 - Dossiers techniques et documents de maintenance de l'aéronef
 - Rapport d'examen du vérin du train principal droit
 - Résultats d'inspection et d'essais au sol
 - Documentation relative aux certificats de navigabilité et licences de l'équipage

Étape 2 : Analyse des données et causes profondes

2.1 Méthodes RCA

Méthode	Causes identifiées / Résultats (à remplir par enquêteurs)
5 Whys/ Brainstorming/Fault Tree Analysis	<ul style="list-style-type: none"> - Le train principal droit s'est effacé car il n'était pas mécaniquement verrouillé. - Le ressort de verrouillage du vérin était non conforme (longueur et force insuffisantes). - le commutateur lock/unlock présentait des anomalies (le fil de sécurité du commutateur sectionné, le mastic de blocage (torque putty) brisé, la vis de fixation inappropriate (trop longue, référence incorrecte), empêchant un serrage correct) - Les défauts du vérin n'ont pas été détecté lors des contrôles qualité ni lors de la réception du vérin. - dossiers de maintenance incomplets ont empêché d'identifier l'origine du ressort non conforme.

2.2 Classification HFACS des facteurs humain

Niveau HFACS	Facteurs identifiés
Erreurs actives	Aucune action inappropriée de l'équipage ; indications de verrouillage erronées dues à un commutateur mal installé
Conditions prédisposantes	Indication trompeuse dans le poste de pilotage ; absence d'alerte fiable
Facteurs organisationnels	Procédures de contrôle qualité insuffisantes lors de la réception et de l'installation du vérin ; gestion documentaire incomplète chez l'exploitant.
Influences réglementaires / sociétales	Surveillance réglementaire perfectible sur la maintenance des enregistreurs de vol et la traçabilité des composants.

Étape 3 : Schéma AcciMap

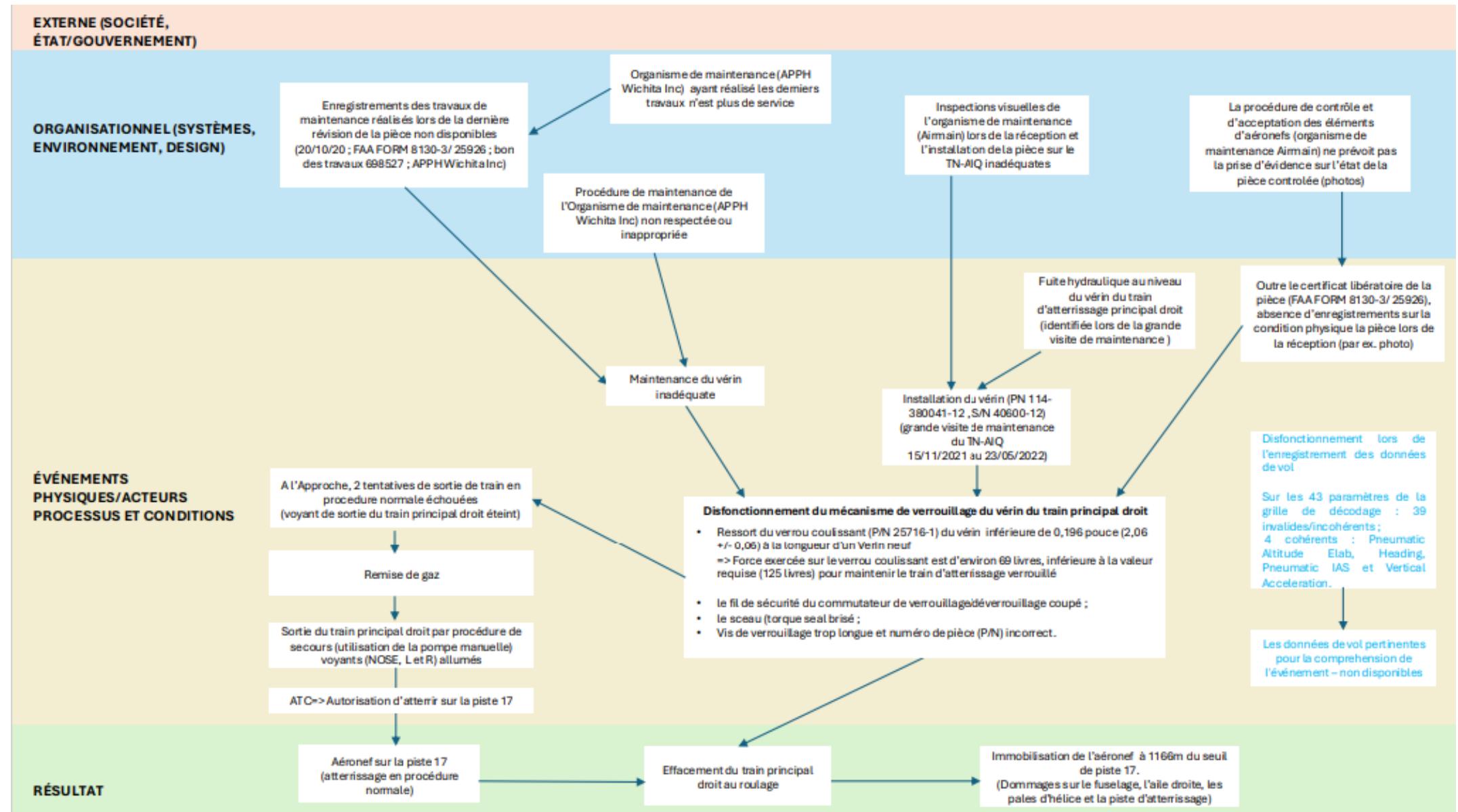
Niveaux hiérarchiques et interactions :

- Niveau réglementaire : Suivi insuffisant de la traçabilité et de la maintenance (ANAC).
- Niveau organisationnel : Procédures de contrôle qualité défaillantes (AIRMAIN) et archivage incomplet (Equaflight).
- Niveau technique : Vérin de train avec ressort non conforme et commutateur mal installé.
- Niveau événement physique : Non-verrouillage du train principal droit.
- Résultat : Effacement du train principal droit lors du roulage après atterrissage.

Étape 4 : Synthèse et recommandations

Causes principales identifiées	Non-verrouillage mécanique du train principal droit dû à un ressort de verrouillage non conforme (longueur et force insuffisantes).
Facteurs contributifs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installation non conforme du commutateur de position du vérin. 2. Contrôle qualité et inspections insuffisants lors de la réception et de l'installation du vérin. 3. Documentation incomplète sur la maintenance des composants.
Recommandations de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> À Equaflight Service : Renforcer la traçabilité et la gestion documentaire de la maintenance ; améliorer la maintenance et fiabilité du FDR/CVR. À AIRMAIN : Renforcer les procédures de contrôle qualité et la sensibilisation du personnel. À l'ANAC : Accroître la surveillance réglementaire des dossiers de maintenance et des enregistreurs de vol.

Exemple d'analyse – Cas de l'accident du TN-AIQ



Exemple d'analyse – Cas de l'accident du TN-AIQ

Faits établis quant aux risques

- L'inefficacité des contrôles qualité et des inspections lors de la réception ou de l'installation du vérin sur l'aéronef accroît le risque de non-détection de défauts ou de non-conformités.
- L'absence d'enregistrements fiables sur la condition et l'historique de maintenance des composants compromet l'identification des causes de défaillance et limite le suivi de leur performance dans le temps.
- L'absence ou l'incohérence des enregistrements de données de vol limite l'évaluation des procédures d'exploitation et du comportement des systèmes de l'aéronef lors des phases critiques du vol.
- Les limitations techniques du FDR, notamment l'invalidité de certains paramètres et l'absence de datation UTC, restreignent l'analyse technique de l'événement, empêchant une reconstitution complète des séquences de l'événement.