

Tutoriel B2: Évaluation probabiliste du Facteur Humain

La méthode MERMOS par
la pratique

Pierre LE BOT
EDF R&D

Emmanuel
SERDET EDF R&D



SAINT-MALO
11 au 13 octobre 2016

MAÎTRISER LES RISQUES DANS UN MONDE EN MOUVEMENT



Institut pour la **Maîtrise des Risques**
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindrytiques



Contexte

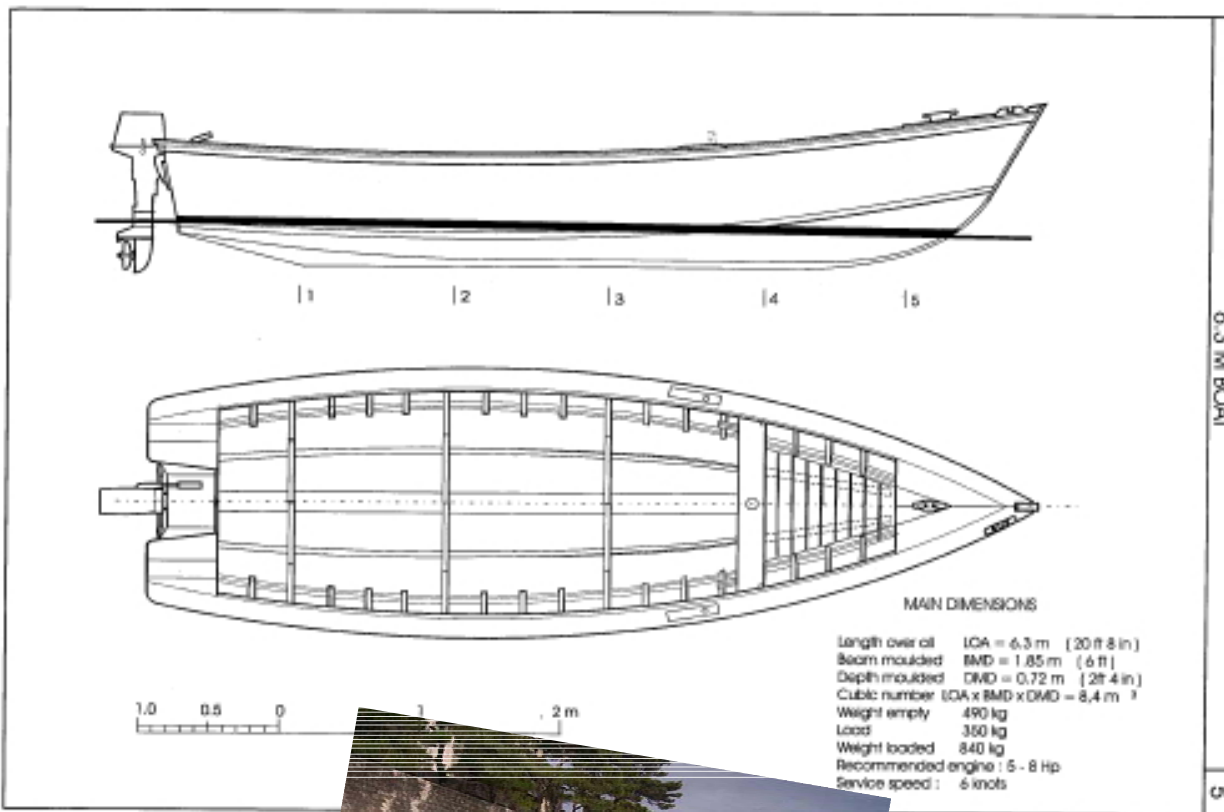
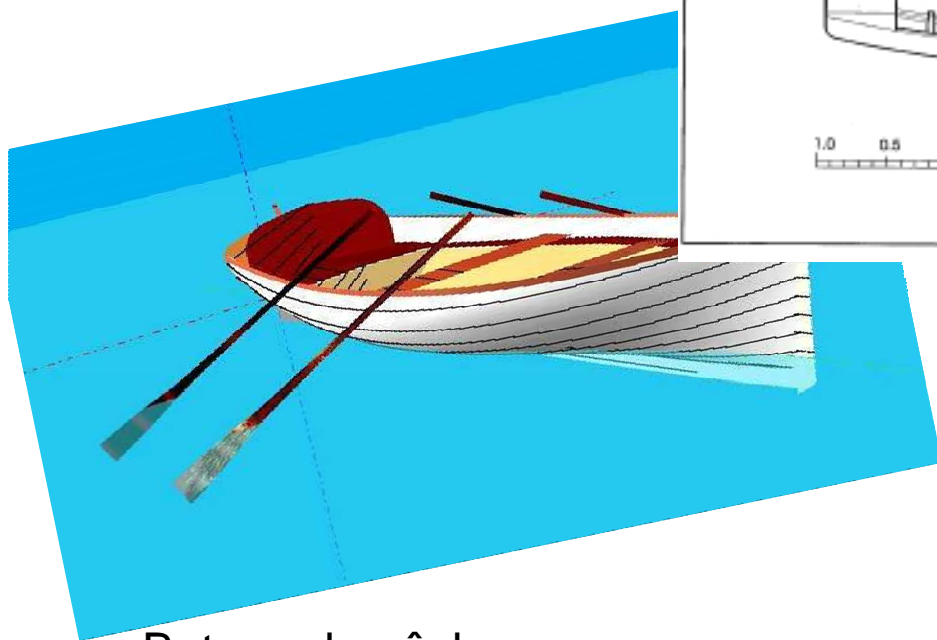
- Études probabilistes de sûreté d'un système
- ↪ Évaluation probabiliste du Facteur Humain (EPFH)
- ↪ Méthode MERMOS :

Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions
Opérateurs pour la Sûreté

Approche didactique
Étude du système de pêche
« Little Titanic »



Exemple didactique



Bateau de pêcheurs (FAO fisheries technical paper, Oyvind Gulbrandsen, Norway, Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, 2004)



Description du système et de la mission

- ◎ **SYSTÈME** : Barque de pêche côtière pontée et ses deux pêcheurs, deux avirons (possibilité de « nager » (ramer) à deux), un moteur, une pompe de cale, un filet mouillé;
- ◎ **CONTEXTE** : la barque Little Titanic, avec ses deux pêcheurs en activité de pêche au filet, dérive à 4 milles nautiques à l'ouest de la côte, navigation à vue de jour;
- ◎ **INCIDENT** : Perte du bouchon de nable pourri (brèche dans la coque) : **fuite non compensable** par écopage manuel et non réparable car inaccessible;
- ◎ **AGGRAVANTS** :
 - Démarrage du moteur impossible;
 - Pompe de cale HS;
 - Pas de secours possible dans l'heure par d'autres pêcheurs;
- ◎ **MISSION FH à évaluer** : les pêcheurs du Little Titanic doivent éviter la noyade en rejoignant la côte en moins de 60 mn (Ramer directement et continuellement vers la côte avec au moins un rameur).



Données

Procédures (pas de papier, consignes apprises) :

- A. Procédure « brèche offshore » :
 - 1. Essayer de boucher la fuite;
 - 2. En cas d'échec, si la fuite est importante (plus de 5 cm d'eau au-dessus du pont), démarrer la pompe de cale ou écoper, démarrer le moteur, regagner la côte au plus court.
- B Procédure en cas de panne moteur : recherche et réparation de la panne.

Données météorologiques :

- Beau temps $P = 0,8$; temps dégradé (vent fort) $P = 0.2$; temps dégradé et vent d'est $P = 0,05$; En cas de temps dégradé, dans 20 % des cas, la visibilité est réduite à 1 mille.

Recueil de données FH / observations :

- Environ la moitié des pêcheurs est expérimentée en navigation (connaissance spécifique des courants locaux, prise en compte des données de marée...);
- Deux tiers des pêcheurs sont expérimentés en mécanique (moteur);
- Aucun pêcheur ne sait correctement nager,



Échecs possibles de la mission FH ?

QUIZ n°1



Échecs possibles de la mission FH ?

Comment la mission pourrait-elle échouer ?

Premières idées :

- Tentative trop longue de démarrage de la pompe de cale;
- Tentative trop longue de démarrage du moteur et/ou de réparation;
- Si aucun pêcheur n'est expérimenté en navigation, ils peuvent prendre trop longtemps pour arriver au rivage si courants ou mauvaise visibilité;
- Fatigue des pêcheurs de ramer avec le bateau plein d'eau;
- Tentative d'écopper trop longue (et insuffisante);
- Panique des pêcheurs, ne font rien;
- Difficultés pour remonter le filet plein;
- Scénario faux



Description détaillée d'un scénario d'échec

Scénario : tentative trop longue de démarrage et/ou de réparation du moteur

- QUIZ n°2

- Décrire l'attitude de l'équipage;
- Dans quel contexte particulier serait-ce plausible ?
(Pour quelles raisons l'équipage ferait durer cette tentative ?)



Description détaillée d'un scénario d'échec

Scénario : tentative trop longue de démarrage et/ou de réparation du moteur

- Quelle « conduite » (cohérente) possible :
 - Ils sont confiants dans leur capacité de le réparer (experts) mais la panne est une panne longue difficile à détecter ;
 - Ou : ils ne sont pas experts et mettent du temps à diagnostiquer la panne;
 - Ils estiment qu'ils ont du temps avant de ramer à deux.



Structure MERMOS d'un scénario d'échec

Contexte

Caractéristiques de la situation considérées dans ce scénario particulier

→ définies par les Propriétés de Situation

Orientation de conduite

Configuration et orientation du système de conduite, cohérent et justifié, émergeant dans ce contexte

→ définie par les CICAs

Non reconfiguration

Non remise en cause à temps de l'orientation du système de conduite inadaptée à la situation

$$P(\text{scénario}) = P(\text{contexte}) \times P(\text{orientation de conduite})_{/\text{contexte}} \times P(\text{non reconfiguration})$$



Élaboration et quantification du scénario d'échec

- QUIZ n°3

Scénario : les pêcheurs persévérant dans la tentative de restauration du moteur ne rejoignent pas la côte à temps (ils ne perçoivent pas que ces tentatives les mettent en péril dans cette situation)

- ◉ Non reconfiguration à temps : Proba ?
- ◉ Choix collectifs (CICAs)
 - Focalisation sur les réparations du moteur Proba ?
 - Attente de la réparation du moteur pour initier le départ Proba ?
- ◉ Contexte spécifique
 - L'équipage constate l'indisponibilité du moteur et pense pouvoir le réparer Proba ?
 - L'équipage possède une bonne expérience en réparation de moteur Proba ?



Élaboration et quantification du scénario d'échec

Scénario : les pêcheurs persévérant dans la tentative de restauration du moteur ne rejoignent pas la côte à temps (ils ne perçoivent pas que ces tentatives les mettent en péril dans cette situation)

◉ <u>Non reconfiguration à temps</u> :	3,0E-1
◉ <u>Choix collectifs (CICAs)</u>	
- Focalisation sur les réparations du moteur	9,0E-1
- Attente de la réparation du moteur pour initier le départ	3,0E-1
◉ <u>Contexte spécifique</u>	
- L'équipage constate l'indisponibilité du moteur et pense pouvoir le réparer	1,0E-1
- L'équipage possède une bonne expérience en réparation de moteur	6,0E-1
Probabilité scénario :	4,9E-3



Méthodes de quantification

- 2 méthodes :
 - Par jugement d'expert
 - Par le recueil de données

QUIZ n°4

- 1 données expert → chacun est expert on prend le résultat
- 1 donnée calculée → plusieurs calculs 1 seul vrai



Élaboration par MERMOS des scénarios d'échec

Structuration
des fonctions FH

DEDUCTIVE

Fonction	Mode de défaillance	Exigence requise	Modalité de non satisf.	Scénario	CICAs	Caractéristiques de la situation
Stratégie	Stratégie erronée	Priorité : rejoindre la côte à temps	Priorité donnée à la réparation du moteur	Les pêcheurs espérant réparer le moteur à temps retardent trop longtemps le départ vers la côte	Focalisation sur la réparation du moteur	-ils ne sont pas experts -ils mettent du temps à diagnostiquer la panne - ils estiment qu'ils ont du temps avant de ramer à deux

INDUCTIVE

jugement
d'experts

observations
d'activité

incidents
réels



Élaboration par MERMOS des scénarios d'échec

Modèle SAD - Démarche déductive

Fonction SAD		Stratégie	Action	Diagnostic	
				d'état	de situation
Définition		Exigence requise : <ul style="list-style-type: none"> Donner la priorité aux objectifs de la mission Choisir les moyens appropriés en fonction de la situation 	Exigences requises : <ul style="list-style-type: none"> Réaliser correctement toutes les actions nécessaires et suffisantes Respecter le séquençage spécifique s'il y a lieu 	Exigence requise : <ul style="list-style-type: none"> Réaliser à temps un diagnostic d'état (Identifier les paramètres affectés, l'accident en cours, les systèmes indisponibles) 	Exigence requise : <ul style="list-style-type: none"> Prévoir l'évolution des paramètres affectés
Mode de défaillance	Pas de fonction	Pas de stratégie <ul style="list-style-type: none"> Aucune priorité fixée Pas de moyens/ressources définis 	Pas d'actions lancées	Pas de diagnostic à temps	Pas d'anticipation de l'évolution de la situation
	Fonction erronée	Stratégie erronée : <ul style="list-style-type: none"> Priorité à un objectif concurrent Moyens/ressources inadéquats 	Action erronée <ul style="list-style-type: none"> Omission d'une action Mauvais séquençage des actions 	Diagnostic d'état incorrect : <ul style="list-style-type: none"> Non détection ou mauvaise interprétation d'un paramètre Mauvais accord diagnostiqué 	Diagnostic de situation incorrect : <ul style="list-style-type: none"> Sous-estimation de la détérioration de paramètres Prévision erronée de dégradation de mauvais paramètres



Liste des scénarios d'échec « Little Titanic »

QUIZ n°5

Classement des scénarios d'échec selon le modèle SAD

1	Le système persévérant dans la tentative de restauration du moteur ne rejoint pas la côte à temps
2	Le système espérant l'arrivée de secours reste trop longtemps sur place et n'initie pas la nage à temps
3	Le système ne diagnostique pas l'indisponibilité du moteur à temps
4	L'équipage endormi ne réalise pas de diagnostic
5	Le système prend trop de temps à remonter le filet
6	Suite à une fausse manœuvre le filet reste accroché au bateau et ralentit la progression du système
7	Le système suite à une erreur d'orientation prend un mauvais cap et le maintient faute de visibilité
8	L'équipage est ralenti par la météo et ne maintient qu'un seul rameur



Liste des scénarios d'échec « Little Titanic »

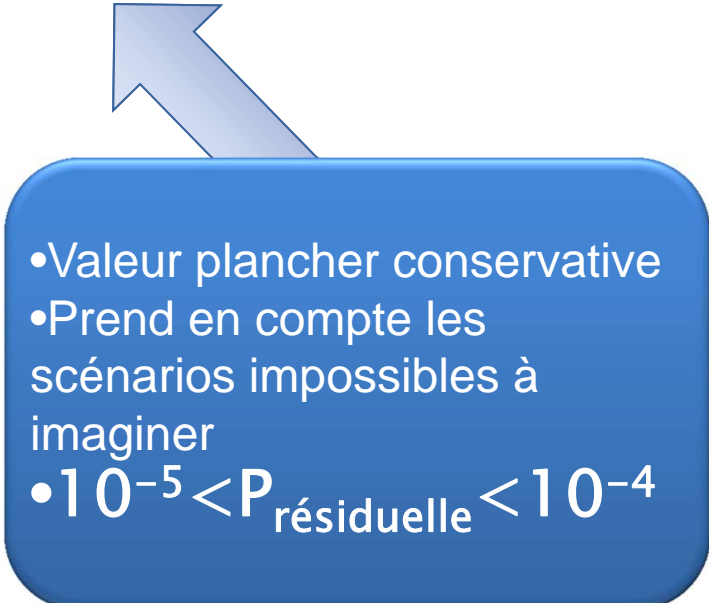
Classement des scénarios d'échec selon le modèle SAD

1	Le système persévérant dans la tentative de restauration du moteur ne rejoint pas la côte à temps → diagnostic de situation erroné
2	Le système espérant l'arrivée de secours reste trop longtemps sur place et n'initie pas la nage à temps → diagnostic de situation erroné : estimation incorrecte de la dynamique
3	Le système ne diagnostique pas l'indisponibilité du moteur à temps → diagnostic d'état erroné
4	L'équipage endormi ne réalise pas de diagnostic → pas de diagnostic d'état
5	Le système prend trop de temps à remonter le filet → action erronée (non réalisée selon la performance attendue)
6	Suite à une fausse manœuvre le filet reste accroché au bateau et ralentit la progression du système → action erronée (l'équipe de pêcheurs n'abandonne pas le filet)
7	Le système suite à une erreur d'orientation prend un mauvais cap et le maintient faute de visibilité → action erronée
8	L'équipage est ralenti par la météo et ne maintient qu'un seul rameur → stratégie erronée



Quantification de la mission FH

$$P(\text{échec mission FH}) = P_{\text{résiduelle}} + \sum_{i=1-n} P(\text{scénario } i)$$

- 
- Valeur plancher conservative
 - Prend en compte les scénarios impossibles à imaginer
 - $10^{-5} < P_{\text{résiduelle}} < 10^{-4}$



Mermos Catalogues

- Capitalisation des analyses dans des catalogues de missions type
- Quantification paramétrique rapide et reproductible
- Exemple : Catalogue Little Titanic



Enseignements méthodologiques

- Modèle prédictif utilisant des récits d'échecs
- Délimitation de l'analyse (définition du système, hypothèses)
- Connaissances du système réel
- Démarche inductive et démarche exhaustive déductive complémentaires
- Importance du contexte : pas de focalisation sur l'erreur individuelle
- Scénarios d'échecs les plus génériques possibles
- Quantification par jugements d'experts : traçabilité, valeurs de référence



Pour en savoir plus

- 1. Le Bot P, Bieder C, Desmares E, Cara F, Bonnet J: **MERMOS: Une méthode d'EPFH de deuxième génération développée par EDF**. In *λμ11: 11e colloque national de fiabilité & maintenabilité. Lambda Mu 11*. Edited by Institut de Sûreté de Fonctionnement; 1998.
- 2. Cara F, Le Bot P, Bieder C: **What Are the Cicas ? Retrospective Analysis of the Three-Mile Island Accident from the Mermos Viewpoint**. In *PSA'99. International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment, risk-informed, and performance-based regulation in the new millennium*; 1999.
- 3. Le Bot P, Pesme H, Meyer P: **The CICA concept for use in the MERMOS method redefined by a new organizational reliability model**. In *2007 IEEE 8th Conference on Human Factors and Power Plants and HPRCT 13th annual meeting*. Piscataway, NJ: IEEE; 2007.
- 4. Pesme H, Le Bot P, Meyer P: **Little stories to explain human reliability assessment: A practical approach of the MERMOS method**. In *2007 IEEE 8th Conference on Human Factors*
- 5. Le Bot P, Pesme H, Meyer P: **Collecting data for MERMOS using a simulator**. In *PSAM 9: International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: book of abstracts: 18-23 May 2008, Hong Kong, China*. Edited by Kao T, Zio E, Ho V. Hong Kong: Edge Publication Group; 2008.
- 6. Le Bot P, Pesme H: **How to deal with commission and omission errors in HRA**. In *ESREL 2009 - Reliability, risk and safety: theory and applications. European safety and reliability conference*. Edited by Briš R, Soares CG, Martorell Alsina S. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava; 2009.
- 7. Le Bot P, Pesme H: **The Model of Resilience in Situation (MRS) as an Idealistic Organization of At-risks Systems to be Ultrasafe**. In *PSAM10 - 10th International Conference on Probabilistic Safety Assessment & Management*; 2010.
- 8. Le Bot P, Pesme H: **Three Human Reliability Analyses under the MERMOS light**. In *ESREL 2011 - Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. Edited by Berenguer C, Grall A, Guedes Soares C. Abingdon, Florence: CRC Press [Imprint]; Taylor & Francis Group; Taylor & Francis Group [Distributor]; 2011:736-745.
- 8. Le Bot P, Pesme H: **Three Human Reliability Analyses under the MERMOS light**. In *ESREL 2011 - Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. Edited by Berenguer C, Grall A, Guedes Soares C. Abingdon, Florence: CRC Press [Imprint]; Taylor & Francis Group; Taylor & Francis Group [Distributor]; 2011:736-745.
- 9. Le Bot P., Pesme H.: **MERMOS catalogue: use of generic analyses to improve the HRA method**, In *PSAM 11, International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management: 2012, (Helsinki)*