

# Analyse fonctionnelle des causes de rupture des DCP de la Réunion (océan Indien)

---

Jacques Sacchi<sup>(1)</sup>, Emmanuel Tessier<sup>(2)</sup>

(1) Ifremer Sète, Tmsi/tp, 1 rue Jean Vilar, 34200 Sète, France - jsacchi@ifremer.fr

(2) Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins,  
28 rue Maréchal Galliéni, 97420 Le Port, Réunion

## Abstract

---

The development of the FADS gave rise to technical problems owing to their conception, their setting spot and of their utilization. Failings generated by the unreliability of components or the uncertain repair precariousness, those can prove to be here more and more expensive with the progression of the ageing of devices and reasons of their loss. For as various domains that aerospace or the fishing deck layout, the engineering has functional analysis tools that permit to reduce conception uncertainties of systems by the mean of a hierarchical classification of function values of components. The application of one of these techniques, the FMEA (failure mode and effects analysis) to the study of reasons of FAD loss in la Réunion describes everything this type of method can bring to the appraisal in fishing technology. This preventive analysis method that counts and puts in evidence the potential risks integrates in the mind of a precaution approach as it would be suitable to see and apply to the FADs and to their exploitation.

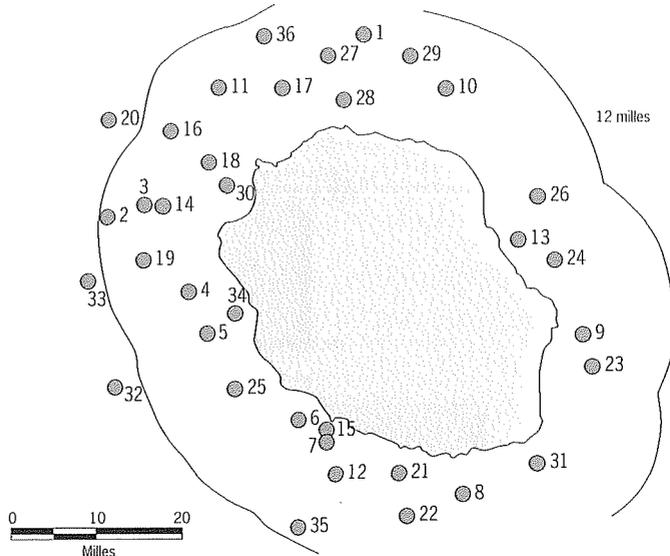
## Introduction

---

À la Réunion, le succès de l'implantation des DCP entraîna progressivement la création d'un parc d'une trentaine d'unités (fig. 1) dont l'entretien et le remplacement furent rapidement pris en charge par le comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM), organisme officiel représentatif des pêcheurs professionnels réunionnais. Leur développement ne s'est pas fait sans difficultés techniques ni sans problèmes de cohabitation avec les autres activités maritimes. Avec le vieillissement des structures, leur maintenance est devenue une charge de plus en plus lourde pour le comité régional des pêches. En vue d'optimiser le coût et la longévité des DCP, une expertise technico-économique a donc été réalisée en 1996 par l'Ifremer (Detolle *et al.*, 1996) avec la participation financière de l'Union européenne (FEDER), du conseil général et du conseil régional de la Réunion.

La méthodologie choisie s'est appuyée sur deux procédés d'analyse utilisés couramment en ingénierie : l'analyse fonctionnelle pour la

Figure 1  
Les DCP de la Réunion  
et leur répartition en 1996.



définition fonctionnelle du DCP et l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) pour la hiérarchisation des causes de perte.

L'objectif est, ici, de montrer au travers de l'exposé succinct de cette expertise ce que ce type de démarche peut apporter à l'optimisation de la conception des DCP et, d'une façon plus générale, à tout projet de développement technologique.

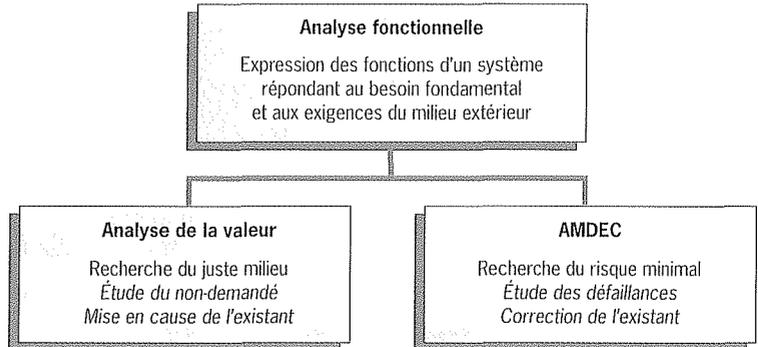
### **Les principales méthodes de conception et d'optimisation (fig. 2)**

L'analyse de la valeur ou « engineering value » est pour l'essentiel une méthode qui s'appuie sur l'analyse des fonctions d'un système ou d'un produit pour en réduire les coûts, notamment en éliminant les redondances inutiles et en raccourcissant les procédés. Ces fonctions sont celles que doit assumer ce système ou ce produit pour satisfaire l'objectif pour lequel il a été conçu (fonction principale), mais aussi, pour répondre aux contraintes imposées par la conception et l'environnement (fonctions techniques et fonctions de contraintes) (Afnor, 1985, 1988).

Dans le cas d'un DCP, sa fonction principale est de favoriser la concentration de poissons, ses fonctions de contraintes sont de pouvoir être repéré, d'informer sur les concentrations alentour, de faciliter la capture mais aussi d'être résistant aux intempéries et aux usages. On peut constater que les réponses à ces fonctions de contraintes ont des coûts d'acquisition et de maintenance souvent plus élevés que pour la fonction principale.

Une contrainte incontournable pour tout système est la nécessité d'être fiable, sous des conditions d'utilisation courantes. En effet, les défaillances de fonctionnement induisent des frais de maintenance supplémentaires et génèrent des coûts indirects que doivent supporter les utilisateurs et les investisseurs.

Figure 2  
Principales méthodes de  
conception et d'optimisation.



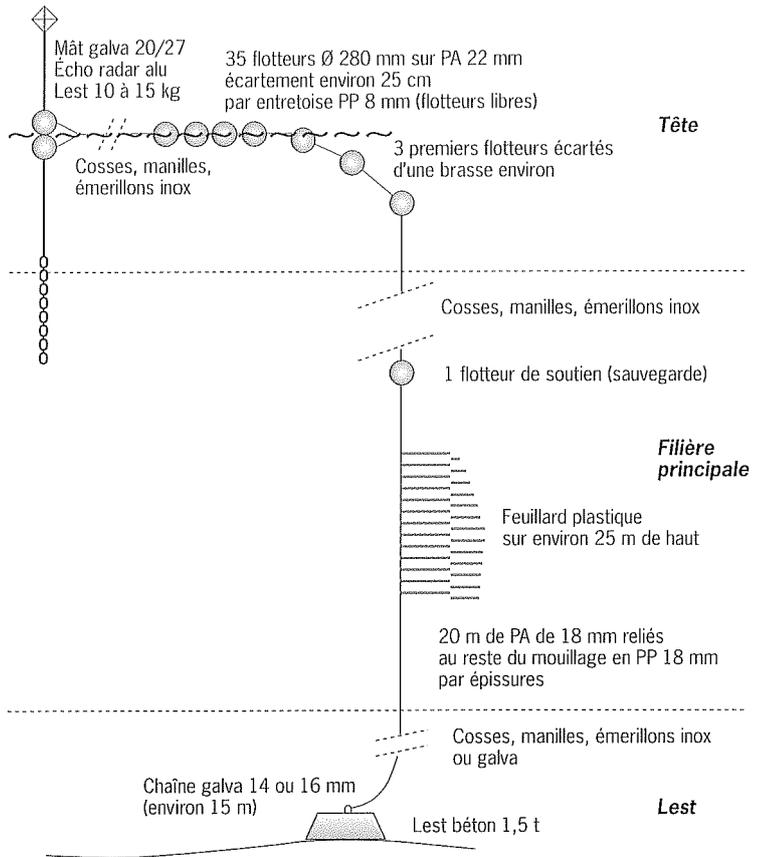
Développée à l'origine dans l'industrie aéronautique dans les années soixante, l'AMDEC est une méthode d'analyse préventive qui recense et met en évidence les risques potentiels liés à la technologie choisie. En associant des données factuelles, prévisionnelles et prospectives, elle facilite l'examen critique de la conception. La réalisation effectuée, elle s'enrichit des résultats des défaillances observées pour permettre de renforcer la fiabilité du système ou du produit dont on assure la maintenance (Chauvet, 1991 ; Garin, 1994).

### **Leur application au cas des DCP de la Réunion**

Les DCP réunionnais (fig. 3) sont dérivés des dispositifs mauriciens, implantés en 1988 à la Réunion par l'Ifremer (Biais & Taquet, 1988). Ils sont composés d'un dispositif attractif formé d'une nappe de lanières synthétiques fixée le long de la partie supérieure de la ligne de mouillage. Celle-ci est constituée dans sa partie supérieure d'un premier cordage de 200 m en nylon et, dans sa partie inférieure, d'un second cordage en polypropylène dont la longueur est fonction de la profondeur d'ancrage. L'ensemble est fixé au fond par un lest en béton de 800 à 1 500 kg et maintenu en surface grâce à une série de flotteurs. Une perche d'acier enfilée dans des flotteurs et surmontée d'un réflecteur radar sert de dispositif de repérage et de signalisation.

Cette conception simple a permis d'obtenir des dispositifs peu coûteux et aisés à mettre en place à l'aide d'une embarcation de pêche côtière d'une dizaine de mètres. En 1996, 36 DCP étaient répartis tout autour de l'île de la Réunion, entre 4 et 17 milles, et ancrés entre 400 m et 1 900 m de profondeur.

Figure 3  
Schéma d'un DCP  
réunionnais.



La méthodologie d'analyse qui a été appliquée à l'étude du problème des causes de leur perte comprend plusieurs étapes allant d'une phase de définition des objectifs et de collecte des données à la proposition d'un ensemble d'actions prioritaires à conduire (fig. 4).

### Préparation de l'étude

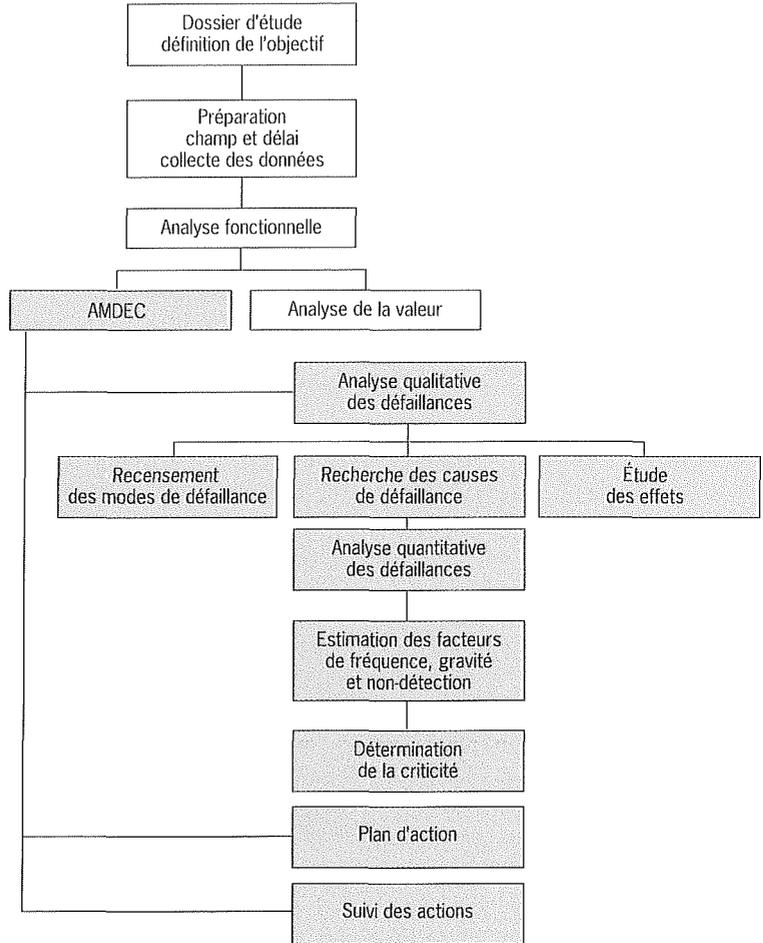
#### Définition de l'objectif

L'objectif défini par le comité régional des pêches de la Réunion était ici d'obtenir la structure la moins chère avec une durée de vie maximale pour un entretien réduit.

#### Groupe de travail

Celui-ci a été composé de pêcheurs professionnels responsables de la maintenance des DCP, d'un animateur chargé du suivi scientifique de leur exploitation et d'un technologiste des pêches pour les aspects méthodologiques.

Figure 4  
Méthodologie d'analyse.



#### Recueil des données

Il s'agit de réunir les données historiques des différentes défaillances observées du système. Selon la définition de l'Agence française de normalisation (Afnor), la défaillance est la cessation d'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, telle qu'après celle-ci, l'entité est en état de panne (Afnor, 1988). Les différents intervenants assurant la gestion du parc de DCP réunionnais avaient pris soin de relever depuis 1986 toutes les défaillances que ces dispositifs avaient subies depuis leur implantation.

#### Décomposition fonctionnelle du DCP

Cette étape consiste à identifier le rôle pour lequel chaque composant d'un DCP a été créé (fig. 5). Ces différents rôles répondent schématiquement au moins à trois fonctions :

- une fonction principale (Fp) d'attraction, chargée de favoriser la concentration de poissons ;

- une fonction de contrainte incontournable de signalisation du dispositif;
- une fonction technique de mouillage du dispositif imposée par la nécessité de maintenir le DCP en un point fixe.

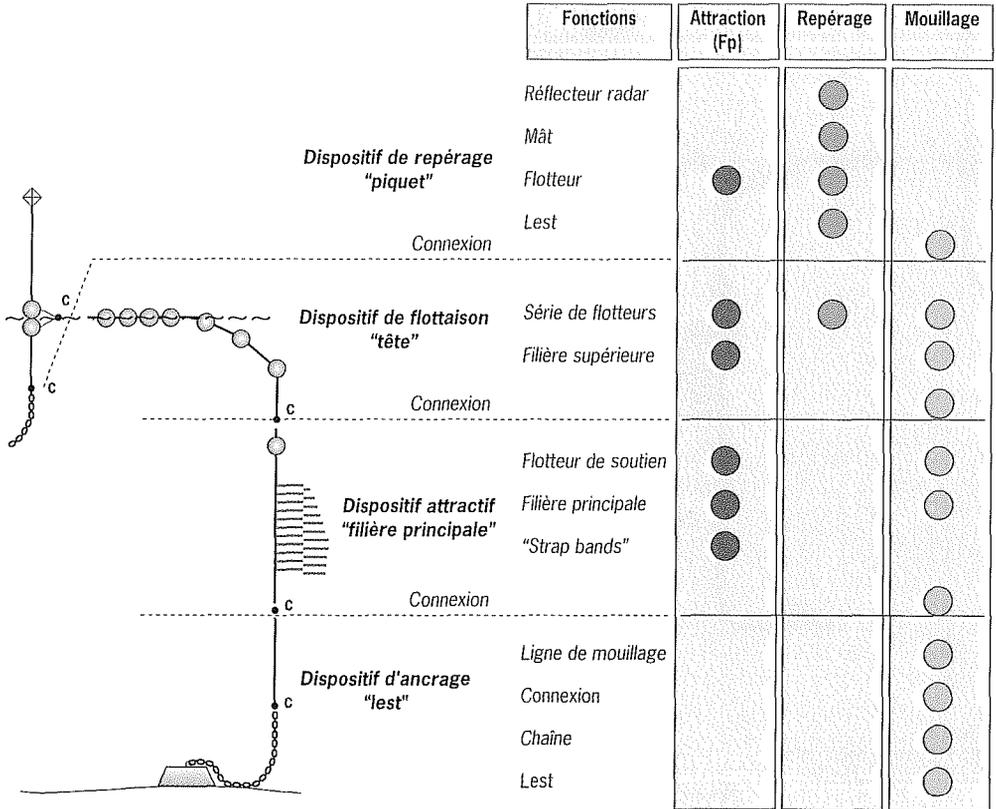


Figure 5  
Décomposition fonctionnelle du DCP.

On remarque que chaque composant du DCP peut participer à l'exécution d'une ou plusieurs de ces fonctions. Leurs coûts d'acquisition et de maintenance forment pour l'essentiel le coût des fonctions. On peut ainsi remarquer que, si la série de flotteurs couvrait 33 % du coût total des DCP, la fonction de contrainte (assurer le mouillage) en représentait 62 % (fig. 6).

### Analyse qualitative des défaillances

#### Recensement des modes de défaillance

Le mode de défaillance est le caractère perceptible ou observable de la défaillance ou, autrement dit, son symptôme. Cette étape de qualification consiste à recenser par fonction tous les modes de défaillance plausibles (usure, rupture, sectionnement, bridage...).

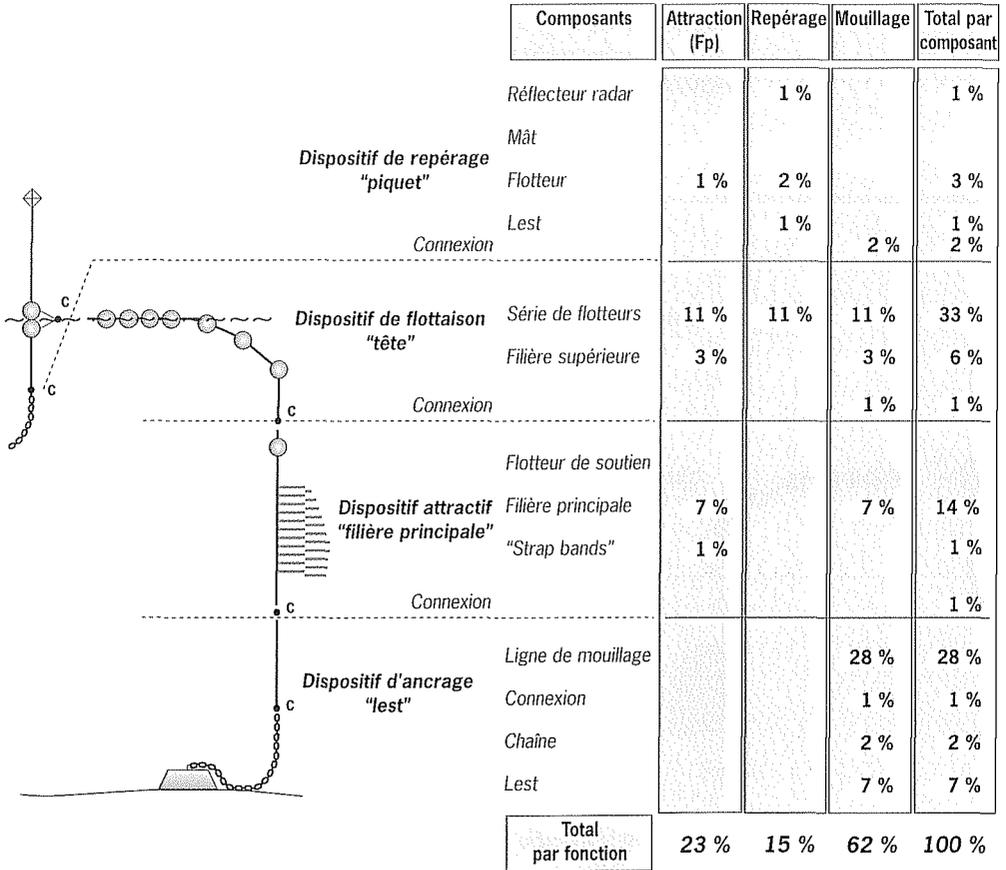


Figure 6 Répartition des coûts entre fonctions et composants.

Recherche des causes de défaillance

Les défaillances qui affectent les DCP ont des causes soit extrinsèques, liées au milieu environnant, telles que la houle ou le trafic maritime, soit intrinsèques, c'est-à-dire liées au dysfonctionnement ou à la détérioration des composants. Il n'est pas nécessaire d'obtenir un inventaire exhaustif pour déterminer les plus importantes d'entre elles.

Étude des effets

Chaque défaillance d'un composant provoque un effet sur les fonctions auxquelles il est censé participer. Par exemple, toute dégradation du système de signalisation (« piquet ») affecte la fonction de repérage; de même, la destruction de la « tête » ou des « lanières synthétiques » aura pour effet la non-satisfaction de la fonction principale de concentration du DCP. Il est évident que les notions de mode, cause et effet peuvent se confondre selon leur niveau d'application dans la succession des événements.

Tableau 1 - Inventaire des principaux modes, causes et effets des défaillances.

Composants	Modes	Causes	Effets
Mât de signalisation	Rupture	Tempête	Sur fonction de repérage
Flotteurs	Éclatement Écrasement	Immersion Cargos	Diminution de la flottabilité, sur fonction de mouillage
Cordages	Coque Usure Sectionnement	Tension, torsion Fouling Pêche	Immersion, sur fonction de repérage
Connexions Manilles Épissures	Rupture, Abrasion	Perte des éléments	Perte des fonctions
Lest	Dérapage	Poids Fond Cargos	Déplacement Immersion Perte du DCP

### Analyse quantitative des défaillances

Les défaillances d'un système se qualifient par leur fréquence d'apparition, la gravité de leurs conséquences sur le fonctionnement du système et les risques de ne pas les détecter avant qu'elles se produisent (non-détection). Pour évaluer les risques de défaillance, la méthode consiste à définir pour ces facteurs des critères de quantification, selon une grille de cotation - ici de 4 niveaux (tab. 2) - puis, à attribuer une note à chacun de ces critères. Le produit de ces notes détermine un degré critique de risque (criticité) pour chaque mode de défaillance. Plus cet indice est élevé, plus le risque lié aux défaillances potentielles est important.

Tableau 2 - Grille de notation AMDEC.

Note	Fréquence inférieure à	Gravité	Non-détection
1	1 défaillance par an	Mineure	Signe avant-coureur visible permettant une action préventive
2	1 défaillance par semestre	Moyenne	Signe avant-coureur moyennement détectable
3	1 défaillance par trimestre	Critique	Signe avant-coureur peu détectable
4	1 défaillance par mois	Catastrophique	Aucun signe avant-coureur détectable

La fréquence d'apparition est le facteur le plus aisé à évaluer surtout quand on dispose, comme pour les DCP réunionnais, d'un recueil des données historiques des défaillances. Elle dépend de la probabilité que la cause de défaillance survienne et de la probabilité que la défaillance se produise lorsque la cause est présente.

La gravité est évaluée à partir de l'importance des coûts induits par la défaillance.

Le risque de non-détection est d'autant plus important que, la cause et le mode n'ayant pas été détectés, la défaillance risque d'intervenir. Dans le cas d'un DCP, ce facteur est forcément croissant avec la profondeur : la possibilité de détecter un quelconque risque de rupture à 1 000 m étant nulle à ce jour.

### Plan d'actions préventives et correctives

La hiérarchisation des indices de criticité permet d'établir des priorités d'actions préventives ou correctives, destinées à supprimer les causes de défaillance ou à les éviter. Dans le cas présent, il apparaît ainsi que ce sont la filière principale et le lest qui méritent le plus d'attention avec des indices de criticité supérieurs à 30 (tab. 3).

Tableau 3 - Hiérarchisation des risques de défaillance.

Composants	Modes	Fréquence	Gravité	Non-détection	Criticité
Filière principale	Sectionnement	3	4	3	36
Lest	Dérage	2	4	4	32
Flotteurs	Écrasement	3	4	2	24
Filière supérieure	Usure	4	4	1	16
Réflecteur radar	Destruction	4	3	1	12
Connexion lest-filière	Rupture	1	3	4	12
Mât	Destruction	3	3	1	9

Les solutions proposées peuvent être immédiates ou différées et choisies de façon telle qu'elles doivent réduire l'un ou plusieurs des facteurs de criticité (tab. 4).

Tableau 4 - Principales solutions d'amélioration.

Composants	Modes	Solutions immédiates	Recherches
Filière principale	Sectionnement	Gaine de protection, chaîne dispositif de sauvegarde	
Lest	Dérage	Lest plus lourd	Autres formes plus légères
Flotteurs	Écrasement	Flotteurs résistant à la profondeur et aux chocs	Hydrodynamique de la filière DCP immergés
Filière supérieure	Usure	Cordage anti-coque	
Réflecteur radar	Destruction	Remplacement (maintenance)	Autres systèmes de repérage
Connexion lest-filière	Rupture	Connecteurs adaptés	
Mât	Destruction		Autres systèmes de repérage

Pour réduire la fréquence et la gravité, les solutions d'amélioration immédiates ne peuvent être trouvées que dans le remplacement des composants défectueux par des produits plus performants utilisés pour d'autres technologies ou, à défaut, par le même produit. Ainsi, pour la filière principale, les solutions immédiates doivent viser à réduire la fréquence des ruptures, notamment en protégeant la zone de sectionnement par des gaines de protection de la chaîne. Le facteur de gravité pourra quant à lui être diminué par la mise en place d'une ligne de sauvegarde. Pour diminuer la fréquence des risques de dérage du dispositif de mouillage, l'augmentation du poids du lest est une solution immédiate simple.

Pour le facteur de non-détection, il s'agit de prévenir l'apparition de la cause ou détecter la défaillance au moyen de dispositifs de détection à choisir de préférence dans la technologie existante (caméra, tensiomètre). En l'absence de signe avant-coureur de défaillance facilement repérable, le remplacement régulier des parties usagées est un moyen efficace de prévention. Le changement annuel de la partie supérieure (« tête ») des DCP réunionnais a réduit considérablement le nombre de leurs pertes.

Tous les modes de défaillance n'ont pas nécessairement de solutions immédiates et il est parfois indispensable de rechercher à mieux définir les causes sur un plan technique et de développer en parallèle des actions de recherche sur les priorités identifiées (amélioration du comportement hydrodynamique, de la résistance des matériaux à la pression).

Toutes ces solutions ont des coûts dont la hiérarchisation peut venir utilement compléter l'analyse des causes de défaillances pour contribuer à l'établissement des priorités d'actions.

### **Suivi des actions**

L'observation montre que la fiabilité d'un système n'est souvent obtenue que par les corrections successives des composants critiques jusqu'à l'obtention d'un niveau de risque acceptable. En effet, l'analyse AMDEC optimise l'expérience mais ne la remplace pas et il est souvent nécessaire de la réactualiser en cours d'action. Ceci n'est possible que par la mise en place d'un suivi des actions d'optimisation et de maintenance des DCP. Ce suivi impose, comme au sein du comité régional des pêches de La Réunion, l'existence d'une structure technique disposant de moyens propres et chargée non seulement d'assurer la maintenance du parc de DCP mais aussi d'apporter une démarche conceptuelle dynamique sur son évolution.

### **Conclusion**

---

En recensant les risques potentiels de pertes des DCP et en les évaluant, l'analyse technico-économique menée par l'Ifremer en 1996 a permis d'établir un ensemble de propositions d'amélioration. La mise en œuvre des principales d'entre elles et leur suivi, effectués par l'équipe de maintenance du comité régional des pêches, ont permis de diminuer les coûts d'entretien et de rénovation du parc de DCP, de 6 % pour un changement de « piquet », de 21 % pour un changement de la « tête » et de 9 % pour le remplacement d'un DCP. Cette application de l'AMDEC illustre tout ce que ce type de méthode peut apporter à la prévention des risques à partir de la connaissance de l'existant et, d'une façon générale, à l'évaluation des conséquences de l'impact de toute technologie sur un environnement quelconque. C'est pour cette raison qu'elle s'intègre parfaitement dans l'esprit de l'approche de précaution.

Elle est néanmoins limitée à l'examen critique de l'existant. Dans le cas des DCP réunionnais, les progrès risquent d'être rapidement freinés par les coûts des possibilités d'amélioration qui seront identifiées au fur et à mesure. Il sera donc à ce moment opportun de procéder à une remise en question plus profonde de leur conception et faire appel à d'autres applications de l'analyse fonctionnelle, comme l'analyse de la valeur, pour la recherche de solutions plus novatrices.

### **Références bibliographiques**

- Afnor, 1985. Analyse de la valeur : normalisation française, X50-152, 10 p.
- Afnor, 1988. Terminologie relative à la fiabilité, maintenabilité, disponibilité : normalisation française, X60-500, 42 p.
- Biais G., Taquet M., 1988. Projet d'implantation de DCP autour de la Réunion. Convention Ifremer/Région Réunion n° DAE 1/8/22, Rapp. Intern. Ifremer Réunion, 34 p.
- Chauvet A., 1991. Les principales méthodes de conception et d'optimisation. Doc. SPACE, Aix-en-Provence, 24 p.
- Detolle J.-P., Tessier E., Sacchi J., 1996. Étude en vue d'optimiser le coût et la longévité des dispositifs de concentration de poissons de l'île de la Réunion. Approche technico-économique. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 96/14, 73 p.
- Garin H., 1994. L'essentiel de la méthode. À Savoir, Sér. Qualité, Afnor, 40 p.