



**HAL**  
open science

## Outil pour les études de sûreté de fonctionnement des réseaux électriques industriels

Maxime Gey, Christophe Monnier, Jules Druet, Anthony Legendre

► **To cite this version:**

Maxime Gey, Christophe Monnier, Jules Druet, Anthony Legendre. Outil pour les études de sûreté de fonctionnement des réseaux électriques industriels. Congrès Lambda Mu 23 “ Innovations et maîtrise des risques pour un avenir durable ” - 23e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2022, Paris Saclay, France. hal-03878379

**HAL Id: hal-03878379**

**<https://hal.science/hal-03878379v1>**

Submitted on 29 Nov 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Outil pour les études de sûreté de fonctionnement des réseaux électriques industriels

GEY Maxime  
EDF R&D

7 boulevard Gaspard Monge 91120  
Palaiseau  
maxime.gey@edf.fr

DRUET Jules  
EDF R&D

7 boulevard Gaspard Monge 91120  
Palaiseau  
jules.druet@edf.fr

LEGENDRE Anthony  
EDF R&D

7 boulevard Gaspard Monge 91120  
Palaiseau  
anthony.legendre@edf.fr

MONNIER Christophe  
Organisme

20 place de la Défense 92050 Paris  
christophe.monnier@edf.fr

**Résumé** — EDF R&D réalise des études de sûreté de fonctionnement de réseaux électriques industriels depuis plus de 30 ans. Ces études nécessitent un niveau d'expertise important. En 2022, un nouvel outil de sûreté de fonctionnement pour des réseaux électriques industriels a été développé. Il est destiné à des utilisateurs ayant un niveau d'expertise moins important en sûreté de fonctionnement et est simple d'utilisation. Le principe de fonctionnement et l'intérêt de l'outil, notamment par rapport à l'outil expert utilisé actuellement sont présentés dans cet article.

**Mots-clefs** — Réseaux électriques, Calcul des séquences de défaillance, Fiabilité, Disponibilité

**Abstract**— EDF R&D has done RAMS analysis in internal industrial electrical networks for the last three decades. These studies require an important level of expertise. In 2022, a new RAMS software for internal industrial electrical networks has been developed. It is intended for users with a lower level of expertise and is easy to use. The working principle and the interest of the tool, especially in comparison with the expert tool, are presented in this article.

**Keywords** — Electrical network, calculation of failure sequences, Reliability, Availability

## I. INTRODUCTION

Les études de sûreté de fonctionnement sont un enjeu majeur pour les métiers d'EDF, elles permettent une analyse quantitative des risques de perte d'alimentation électrique en vue de leur maîtrise. Elles apportent notamment des éléments tels que : l'évaluation de la vraisemblance des événements redoutés, la contribution des séquences de défaillance prépondérante d'ordre 2 pour un événement redouté (c'est-à-dire des séquences de défaillance comprenant deux défaillances pour mener à l'événement indésirable) et l'estimation du bénéfice entre plusieurs solutions d'architecture sur la fiabilité et la disponibilité.

EDF R&D a développé des méthodes et des outils pour fournir aux entités métiers les moyens et l'expertise permettant d'apporter une forte plus-value sur la fiabilité et la disponibilité des réseaux électriques complexes. Elle utilise notamment la plateforme KB3 et la base de connaissance K6 2.0, un outil complexe nécessitant une forte expertise [1]. Depuis 2020, la R&D d'EDF propose un nouvel outil pour la réalisation d'études de fiabilité pour des réseaux électriques

simples qui nécessitent un niveau d'expertise moins important. ODISSURE. C'est un outil simple d'utilisation pouvant être manié par des entités d'ingénierie pour dimensionner des postes électriques ou des architectures de réseaux sur un périmètre restreint en tenant compte d'indicateurs de sûreté de fonctionnement. Après avoir présenté l'outil, cet article illustrera l'intérêt de son utilisation à travers un cas d'étude.

## II. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL

### A. Présentation générale

L'outil ODISSURE fonctionne en ligne à travers un navigateur internet. Il est composé d'une interface intuitive (voir Fig 1) et d'un cœur de calcul, développé en python, hébergés sur un serveur. L'interface graphique permet de modéliser les réseaux électriques étudiés à partir d'une bibliothèque de composants paramétrables (exemple de paramètres : plage de tension).

La communication entre le cœur de calcul et l'interface

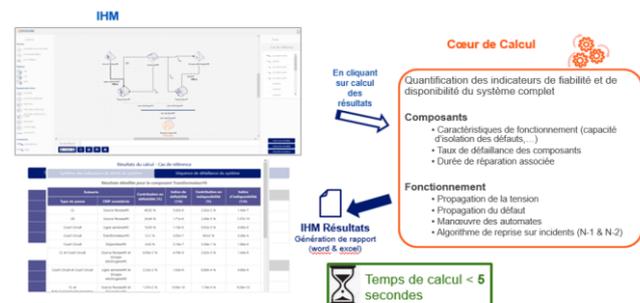


Fig 1. Chaînage de l'outil – Cœur de calcul – Affichage des résultats

graphique s'effectue grâce à une API (Application Programming Interface) qui permet l'échange de fichiers entre les deux.

## B. Composants disponibles sur l'outil

Différentes catégories de composants électriques ont été développées (voir Fig 2) comme des sources de tensions, des organes de coupures, des automates ou encore des composants passifs comme les transformateurs.



Fig 2. Composants disponibles

Le comportement des composants modélisés permet de simuler les possibilités de reconfiguration du réseau lors de l'occurrence d'une défaillance, permettant d'éviter de conduire à l'évènement redouté. Le modèle ainsi obtenu est similaire à un schéma unifilaire.

Afin de modéliser simplement et avec une certaine précision les composants, nous avons choisi de simplifier les paramètres de fiabilité des composants. En effet, dans la réalité, un composant peut avoir plusieurs modes de pannes différents avec à chaque fois une probabilité associée. Ces pannes n'ont bien entendu pas le même impact sur le réseau et leurs taux d'occurrence varient avec le temps (voir Fig 3). Il est ainsi important mais décroissant rapidement en début de vie, avec une période dite de déverminage (zone A du graphique ci-dessous : on parle aussi de période de rodage), à laquelle fait suite une période dite de vie utile où le taux de panne est généralement constant (zone B), suivie d'une période de vieillissement, où le taux de panne augmente à nouveau (zone C).

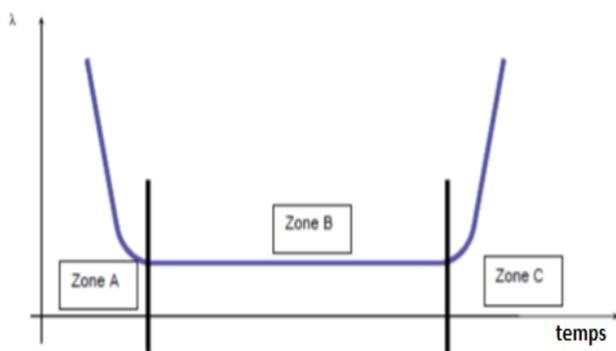


Fig 3. Evolution du taux de panne avec le temps

L'utilisateur n'a pas besoin d'avoir une connaissance fine des taux de défaillances des pannes pouvant survenir au niveau des équipements du réseau électrique ou de leur temps de réparation. En fonction des paramètres choisis par l'utilisateur, le cœur de calcul ira sélectionner au sein d'une base de données les taux de défaillance et les temps de réparation des pannes des composants. Par exemple, dans le

cas d'un disjoncteur, l'utilisateur doit indiquer un niveau de tension, soit Haute Tension de niveau B (HTB), Haute Tension de niveau A (HTA) ou Basse Tension (BT), la technologie utilisée pour la coupure (coupure dans l'air ou dans du SF<sub>6</sub> aussi appelé hexafluorure de soufre) ainsi que l'état d'ouverture du composant (ouvert ou fermé) comme nous pouvons le voir dans la Fig 4.



Fig 4 : Paramétrage d'un disjoncteur

Le modèle, qui résulte de la saisie de l'utilisateur est ensuite transmis au cœur de calcul pour simuler les pannes et ainsi obtenir l'ensemble des scénarios de défaillance d'ordre 2 au plus, susceptibles de survenir sur le réseau électrique. Le cœur de calcul pourra ainsi déterminer :

- Le taux de défaillance pour l'évènement redouté spécifié dans l'hypothèse où les défaillances du système sont régies par des lois exponentielles ;
- Le Mean Time To Failure (MTTF) équivalent, c'est à dire le temps moyen avant l'observation de l'évènement redouté au point d'intérêt considéré ;
- La défiaibilité, c'est-à-dire la probabilité qu'une coupure survienne sur un intervalle de temps donné (par exemple un ou dix ans) ;
- La disponibilité, c'est-à-dire la proportion du temps où le système est correctement alimenté ;
- L'indisponibilité, une notion complémentaire à la disponibilité

des évènements redoutés renseignés au préalable en prenant en compte les dynamiques de reconfiguration du réseau modélisé. En général, un évènement redouté est exprimé par la perte de tension à un point d'intérêt, c'est-à-dire des nœuds du réseau (par exemple, le jeu de barres d'un tableau HTA ou d'un TGBT, un départ HTA ou BT).

L'évènement redouté d'un point d'intérêt est caractérisé par une durée de coupure électrique maximale admissible par les process alimentés.

Si le process est très sensible, cette durée est très faible voire nulle, si le process possède une certaine inertie, cette durée peut être plus importante. La durée de l'évènement redouté est configurée par rapport à une capacité à tolérer une

éventuelle reconfiguration de réseau. Les événements redoutés associés aux points d'intérêt choisis doivent être définis en fonction de la sensibilité des équipements ou process alimentés.

L'objectif étant d'identifier le juste niveau technico-économique de sécurisation. Certains équipements peuvent être très sensibles (s'interrompre au moindre creux de tension), d'autres moins (process présentant une certaine inertie). Pour autant ces définitions des événements redoutés doivent rester pragmatiques (il ne s'agit pas de donner la durée d'inertie exacte de chaque process en secondes).

Nous proposons qu'elle s'écrive sous la forme :

« Une perte d'alimentation électrique pendant une durée supérieure à T. »

Où T vaudra, par exemple :

- Instantanée, (le process/équipement alimenté ne peut tolérer aucune coupure quelle qu'elle soit).
- Temporisée, (le process/équipement alimenté peut supporter une coupure n'excédant pas la durée de fonctionnement d'un automate de service).
- Manuelle, (le process/équipement alimenté peut supporter une coupure n'excédant pas la durée de reconfiguration manuelle du réseau par un exploitant).

Le cœur de calcul fournit également la contribution en défiaibilité et en indisponibilité de chaque séquence de défaillances (voir Fig 10). Les résultats sont ensuite transmis à l'utilisateur au format Excel et dans un rapport généré automatiquement. L'outil permet également la comparaison de différentes alternatives d'architectures et d'en quantifier la fiabilité et la disponibilité relatives.

Afin de déterminer les indicateurs de sûreté de fonctionnement des réseaux industriels, il a fallu implémenter des algorithmes de propagation des signaux (présence tension et défauts), à travers le circuit électrique.

Le cœur de calcul n'effectue pas de calcul de puissance. Le programme vise essentiellement à identifier l'impact des défaillances susceptibles de survenir sur les réseaux. Nous procédons donc par propagation de signaux permettant d'identifier :

- La durée d'impact de chaque défaillance pour chaque point d'intérêt (défaillance subie pendant la durée de réparation de l'ouvrage défaillant, défaillance isolée suite à manœuvre manuelle, etc.).
- La durée au bout de laquelle le composant peut être réalimenté (matériel ne voyant aucune coupure, matériel réalimenté suite à manœuvre manuelle, etc.).

Ces durées estimées en les différents points d'intérêt, couplées aux taux d'occurrences des incidents initiateurs, permettent le calcul des indices de sûreté de fonctionnement par des formules analytiques [2].

Dans la suite du programme, nous attribuons des modes de défaillance (ex : panne d'alimentation, court-circuit) selon les composants. Chaque défaillance sera paramétrée d'un temps de réparation (MTTR – Mean Time to Repair) et d'un temps d'occurrence que nous nommerons « taux de panne ». Ainsi,

nous pourrions associer à chaque composant une liste de défaillances. Lors d'une simulation, nous pourrions récupérer cette liste pour tester toutes les possibilités itératives. L'outil nous fournit une matrice de résultat de la forme :

Numéro	Type Scénario	Taux d'occurrence	Indisponibilité	Composant 1	...	Composant n

Fig 5. Matrice de résultats

L'outil parcourt l'ensemble des scénarios de défaillance susceptibles de survenir sur le réseau. En effet, Pour chaque composant il existe un certain nombre de pannes/défaillances susceptibles de se produire, à chacune étant associé un taux de défaillance. De manière automatique, l'outil les ajoute dans une liste. Puis, de manière analytique, il simule une à une chaque panne.

### III. KB3-K6 2.0

La plate-forme KB3 [3], développée par EDF R&D depuis une vingtaine d'années, est un ensemble d'outils visant à automatiser les études de sûreté de fonctionnement en capitalisant les connaissances acquises sur les systèmes dans des bases de connaissances. La réalisation d'une analyse de fiabilité d'un réseau électrique avec la base K6 2.0 [3] nécessite l'utilisation successive de plusieurs composants de cette plate-forme.

#### A. Utilisation de la base K6 2.0 via le logiciel KB3

Le logiciel KB3 s'utilise suite au choix d'une base de connaissances correspondant au type d'étude que l'utilisateur souhaite réaliser (celle-ci référence, en effet, les informations générales sur la catégorie de système étudiée). Il en existe deux types :

- Les bases abstraites qui permettent de réaliser des études en définissant des modèles de fiabilité classiques (graphes de Markov, graphes de Petri...). Les objets que manipulera l'utilisateur seront ainsi, par exemple, des feuilles d'arbres de défaillances, des états et transitions d'un graphe de Markov...
- Les bases concrètes qui sont spécifiques à un domaine d'application et qui représentent les spécificités des domaines qu'elles modélisent (hydraulique, nucléaire...). L'utilisateur créera ainsi son modèle avec des pompes, des échangeurs... pour une base du domaine hydraulique.

Le choix d'une base de connaissances spécifique réalisé, le logiciel KB3 fournira l'interface graphique qui permettra à l'utilisateur de saisir la modélisation et le paramétrage de son système puis générera un modèle textuel qui servira de données d'entrée à différents outils de traitement.

#### B. Traitement du modèle via le module FIGSEQ

Différents outils de traitement du modèle généré par KB3 permettent d'obtenir des résultats pertinents pour l'utilisateur :

- fiabilité,
- disponibilité
- séquences d'événement
- autres

Les outils les plus couramment utilisés sont le logiciel FIGSEQ [4], permettant d'explorer les séquences d'événements de probabilité supérieure à une valeur donnée de manière exhaustive, et le logiciel YAMS [5], permettant de réaliser de la simulation de Monte-Carlo. Nous utiliserons pour nos études l'outil FIGSEQ qui fournit des résultats exportables sous Excel.

### C. Présentation et mise en forme des résultats sous Excel

Des macros Excel de présentation et de mise en forme des résultats de l'outil FIGSEQ ont été développées. Elles permettront ainsi d'obtenir des résultats d'intérêt pour l'utilisateur.

## IV. CAS D'ETUDE – COMPARAISON AVEC K6 2.0

Pour illustrer le fonctionnement d'ODISSURE, nous pouvons proposer un cas d'étude d'un réseau électrique industriel interne (voir Fig 6). En fonctionnement normal, le site est alimenté par une arrivée du distributeur de réseau S1. Si cette arrivée est en défaut, un groupe électrogène GE1 démarre et prend le relais. Nous étudierons la perte du JDB3 avec une durée d'événement redouté temporisée. Nous analyserons les résultats et proposerons une évolution permettant d'améliorer les résultats du cas de référence.

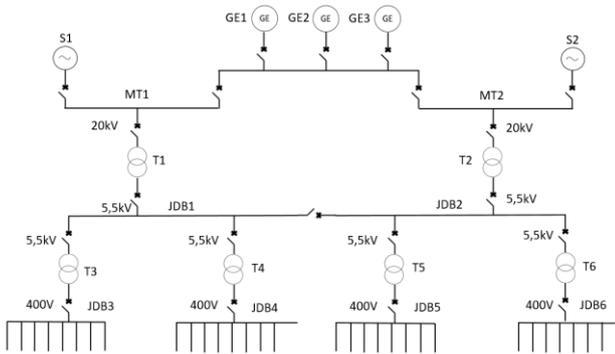


Fig 6. Réseau industriel interne du cas d'étude

### A. Cas de référence

L'interface graphique permet aisément de modéliser le réseau à l'aide de la palette de composants. Le modèle ainsi réalisé est représenté ci-dessous (Fig 7).

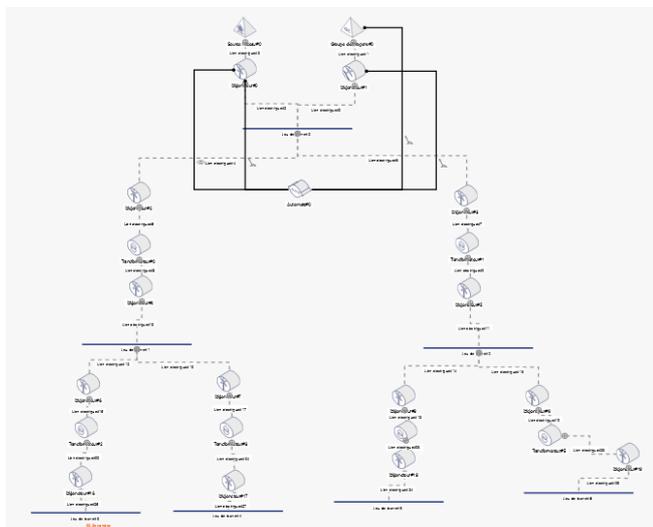


Fig 7. Modèle réalisé à l'aide de l'interface graphique

Un automate a été défini (voir Fig 9) afin de modéliser la reprise sur incident. Il est possible de tirer deux types de lien depuis un automate :

- Des liens de surveillances, représenté par un œil
- Des liens d'action, représenté par une manivelle

Le lien de surveillance permet de surveiller la borne d'un composant (amont ou aval). Un automate ne peut avoir qu'un seul lien de surveillance. Les liens d'action changeront l'état d'ouverture des organes de coupure auxquels ils sont reliés ou de démarrer des groupes électrogènes. Ces actions se produisent seulement si au cours de l'occurrence d'une panne, la borne surveillée n'est plus alimentée.

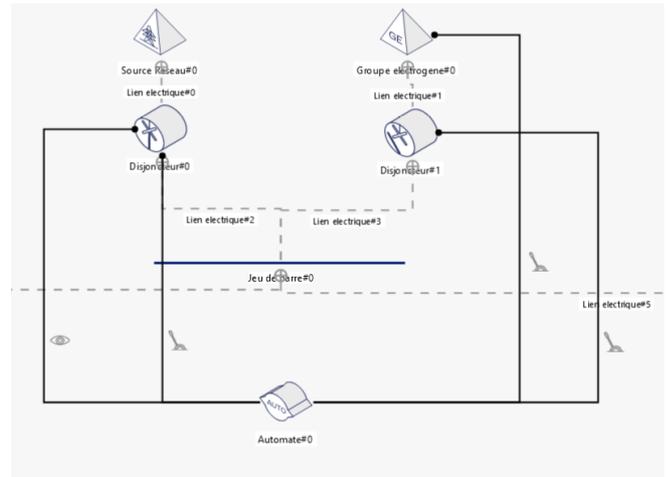


Fig 9. Zoom sur l'automate

Quelques secondes suffisent pour obtenir des résultats généraux d'indicateurs de fiabilité et de disponibilité obtenu pour le point d'intérêt (jeu de barre#0) comme nous pouvons le voir dans la Fig 8. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le  $\lambda_{eq}$  présenté ci-dessous correspond au taux de défaillance équivalent, c'est-à-dire, le taux de panne pour l'événement redouté. Le  $MTTF_{eq}$  correspond au Mean Time To Failure équivalent. Nous déterminons aussi la défiabilité sur 1 et 10 ans ainsi que la disponibilité et l'indisponibilité.

Résultats du calcul - Cas de référence	
Synthèse des indicateurs de sûreté du système	Séquence de défaillance du système
Indicateurs relatifs à la fiabilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
$\lambda_{eq}$ (1/h)	3.73e-6
MTTF <sub>eq</sub> (h)	267900.06
Défiabilité (1 an)	3.22 %
Défiabilité (10ans)	27.89 %
Indicateurs relatifs à la disponibilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Disponibilité	1.00e+0 %
Indisponibilité	2.39e-4 %

Fig 8. Résultats globaux obtenus

L'outil permet également d'obtenir le détail des contributions des séquences de défaillance d'ordre 1 et 2 en défiabilité comme en indisponibilité comme nous pouvons le voir dans la Fig 10 Fig 10. Résultats des séquences de défaillance.

Résultats du calcul - Cas de référence

Synthèse des indicateurs de sûreté du système		Séquence de défaillance du système			
Résultats détaillés pour le composant Jeu de barre#3					
Type de panne	CMP considérés	Contribution en défiabilité (%)	Indice de défiabilité (1/h)	Contribution en indisponibilité (%)	Indice d'indisponibilité (1/h)
Court Circuit	Transformateur#0	17.95 %	6.70e-7	47.15 %	1.13e-4
Court Circuit	Transformateur#2	17.95 %	6.70e-7	47.15 %	1.13e-4
Court Circuit	Disjoncteur#0	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#2	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#3	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#4	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#6	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#7	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
Court Circuit	Disjoncteur#16	8.30 %	3.10e-7	7.79e-1 %	1.86e-6
CL et Court Circuit	Source Reseau#0 et Groupe electrogene#0	4.87 %	1.82e-7	2.29e-1 %	5.46e-7

Fig 10. Résultats des séquences de défaillance

L'analyse des séquences de défaillance permet d'identifier les points faibles du réseau modélisé et de mener une réflexion sur des améliorations du réseau afin d'améliorer les indicateurs de sûreté de fonctionnement. Ici, les séquences prépondérantes sont des séquences d'ordre 1. Elles représentent 94,03% du poids en défiabilité et 99,75% du poids en indisponibilité. Ce sont tous les équipements sur la voie d'alimentation menant au point d'intérêt. Pour améliorer les résultats, nous proposons deux évolutions d'architectures.

### B. Propositions d'évolution

Pour améliorer les indicateurs, une première évolution consiste à ajouter une voie entre le jeu de barre 3 et le jeu de barre 6 avec un disjoncteur initialement ouvert, et qui s'ouvre pour permettre le secours (voir Fig 11).

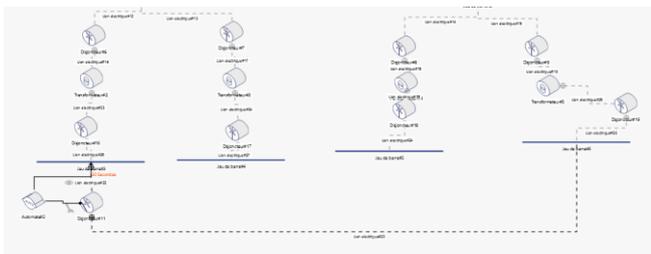


Fig 11. Evolution n°1

Une seconde solution serait d'ajouter une voie d'alimentation de secours par un groupe électrogène au plus près du point d'intérêt (voir Fig 12).



Fig 12. Evolution n°2

L'outil permet d'obtenir en quelques secondes les résultats pour ses deux évolutions. Il est possible de consulter les résultats individuellement ou en comparant deux à deux chaque architectures (voir Fig 13).

Comparaison des résultats  
Synthèse des indicateurs de sûreté du système

Indicateurs relatifs à la fiabilité		Indicateurs relatifs à la fiabilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3	Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Anq (1/A)	3.73e-6	Anq (1/A)	1.46e-6
MTTReq (h)	267900.06	MTTReq (h)	682773.05
Défiabilité (1 an)	3.22 %	Défiabilité (1 an)	1.27 %
Défiabilité (10ans)	27.89 %	Défiabilité (10ans)	12.04 %

Indicateurs relatifs à la disponibilité		Indicateurs relatifs à la disponibilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3	Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Disponibilité	1.00e+0 %	Disponibilité	1.00e+0 %
Indisponibilité	2.39e-4 %	Indisponibilité	8.14e-6 %

Fig 13. Comparaison du cas de référence et de l'évolution n°1

L'évolution n°1 permet d'éliminer toutes les séquences d'ordre 1 sauf celles des disjoncteurs 0, 2, 3 et 16. Ainsi la défiabilité sur 1 an est divisée par deux et l'indisponibilité diminue énormément car les séquences prépondérantes des Transformateurs 0 et 2 représentaient 94,30% de la contribution en indisponibilité.

L'outil permet de comparer les architectures avec un code couleur, vert pour les éléments créés, jaune pour les éléments modifiés et rouge pour les éléments supprimés (voir Fig 14).

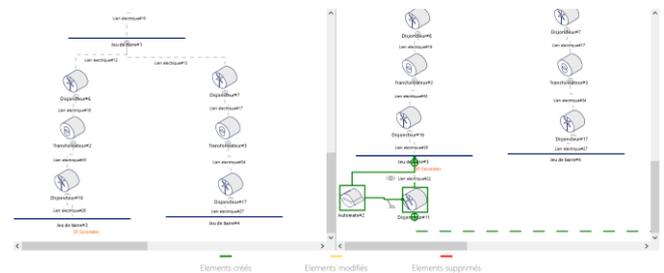


Fig 14. Comparaison d'architecture

L'évolution n°2 permet d'améliorer encore plus les indicateurs de sûreté de fonctionnement car en réalimentant au plus près du point d'intérêt, nous éliminons encore plus de séquences d'ordre 1 (voir Fig 15). Il ne reste plus qu'une séquence d'ordre 1, celle du disjoncteur 16.

Comparaison des résultats  
Synthèse des indicateurs de sûreté du système

Indicateurs relatifs à la fiabilité		Indicateurs relatifs à la fiabilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3	Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Anq (1/A)	3.73e-6	Anq (1/A)	5.45e-7
MTTReq (h)	267900.06	MTTReq (h)	1836132.66
Défiabilité (1 an)	3.22 %	Défiabilité (1 an)	4.76e-1 %
Défiabilité (10ans)	27.89 %	Défiabilité (10ans)	4.66 %

Indicateurs relatifs à la disponibilité		Indicateurs relatifs à la disponibilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3	Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Disponibilité	1.00e+0 %	Disponibilité	1.00e+0 %
Indisponibilité	2.39e-4 %	Indisponibilité	2.56e-6 %

Fig 15. Comparaison du cas de référence et de l'évolution n°2

## V. COMPARAISON AVEC KB3 K6

ODISSURE a l'avantage d'être très simple d'utilisation. L'utilisateur n'a pas besoin de renseigner de nombreux paramètres (voir Fig 17), ni d'avoir des connaissances sur les occurrences de panne et des temps de réparation des matériels à modéliser.

L'outil peut être utilisé seul, il n'y a pas besoin de modéliser un réseau sur un premier outil, de lancer les calculs sur un deuxième (YAMS ou FIGSEQ) puis de post-traiter le fichier de résultats pour les analyser. En effet l'outil génère automatique des rapports Word et Excel (voir Fig 16).

Indicateurs relatifs à la fiabilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
λeq (1/h)	3,73E-06
MTTFeq (h)	2,68E+05
Défiabilité (1 an)	3,22E+00 %
Défiabilité (10 ans)	2,79E+01 %

Indicateurs relatifs à la disponibilité	
Point(s) d'intérêt	Jeu de barre#3
Disponibilité	1,00E+00 %
Indisponibilité	2,39E-04 %

Fig 16. Rapport Excel généré par l'outil

Type	Objet	Nature	Variable	leurs par défaut	Profil courant	Profil1
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ISO_MTRR	24	24	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ISO_gamma	0,001	0,001	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ISO_permis	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_RFA_MTRR	24	24	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_RFA_gamma	0,001	0,001	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_RFA_permis	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ROA_MTRR	24	24	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ROA_gamma	0,001	0,001	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	MidDS_ROA_permis	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_Défaut_MTRR	24	24	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_Défaut_lambda	1e-07	1e-07	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_Défaut_permis	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_Défaut_reparation_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_ISO_reparation_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_OVI_MTRR	24	24	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_OVI_lambda	1e-07	1e-07	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_OVI_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_OVI_reparation_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_RFA_reparation_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	Mid_ROA_reparation_permis	FAUX	FAUX	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	isolement_defaut_arnont	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	isolement_defaut_aval	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	position_initiale	fermé	fermé	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	test_repriseU_arnont	VRAI	VRAI	
disjoncteur	Dj_1120IA_LGA	Constante	test_repriseU_aval	FAUX	FAUX	

Fig 17. Paramètre à renseigner pour un disjoncteur sur K6 2.0

De plus, l'outil permet de comparer deux à deux, les architectures, les résultats généraux ainsi que les séquences de défaillances entre deux évolutions. Le lancement des calculs est très rapide et permet de générer des résultats pour un cas de référence et deux évolutions en même temps.

Cependant, l'outil ne permet pas d'avoir la même finesse et le même détail dans les résultats. K6 2.0 permet (via Figseq) une exploration exhaustive de tous les états du système et indique plus de détails dans les séquences. Les résultats sont plus précis. Un utilisateur plus expert pourra également apporter une précision dans les données d'entrée.

## VI. CONCLUSION

EDF R&D propose un nouvel outil permettant la réalisation d'études de fiabilité pour des réseaux électriques simples qui nécessitent un niveau d'expertise moins important par rapport à l'outil actuel utilisé par EDF. Nous avons pu voir à travers un cas d'utilisation l'intérêt de l'outil. Il permet de modéliser des réseaux électriques grâce des composants dont le paramétrage est simple. Il n'est pas nécessaire d'avoir des données d'entrée d'occurrence de panne ni de temps de réparation pour réaliser une étude. ODISSURE apporte un réel atout pour une évaluation fine des réseaux électriques à complexité modérée ou limitée. Les résultats permettent d'obtenir une liste de séquences de défaillance. Ces séquences prennent en compte les reconfigurations des organes de coupure ainsi que la communication avec les organes de

commande qui s'appliquent sur le réseau. L'outil permet de réaliser en quelques minutes une analyse de fiabilité et de disponibilité d'un réseau électrique. L'interface permet aisément de réaliser des analyses, des comparaisons d'architectures et produit automatiquement des rapports. De futur développements de cet outil pourraient permettre de traiter d'autres problématiques et d'autres type de réseaux d'énergie (vapeur, froid). En effet, EDF R&D travaille sur une version de l'outil permettant de réaliser des études de sûreté de fonctionnement de réseaux éolien offshore avec ODISSURE.

## REFERENCES

- [1] C. Thomas, «L'outil K6 pour les études de Sûreté de Fonctionnement des réseaux électriques industriels», chez 20e Congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, Saint Malo, 2016.
- [2] R. E. Brown, « Electric Power Distribution Network Reliability », chapitre 2 « Reliability indices », 2009
- [3] A. Legendre, J. Druet, T. Serru, R. Laguiliez, et R. Donat, « Intérêt de l'outil K6 2.0 pour les études de Sûreté de Fonctionnement des réseaux électriques critiques. » 22e Congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, 2020.
- [4] M. Bouissou, Y. Dutuit and S. Maillard, "Reliability analysis of dynamic phased massion system: comparison of two approaches.» Modern Statistical And Mathematical Methods in Reliability 10, 87-104, 2005.
- [5] M. Bouissou, "A simple yet efficient acceleration technique for Monte Carlo simulation," ESREL, 2013.