

Implementation of Interdependent Critical Infrastructures for Electricity Supply

Henri PIAT	henri.piat@atos.net	Atos Worldgrid	
Daniel GEORGES	daniel.georges@atos.net	Les Reflets du Vercors	
Annie PETREQUIN	annie.petrequin@atos.net	28 Rue Gustave Eiffel	
		38027 Grenoble CEDEX 1	
Nouha Oualha	nouha.oualha@cea.fr	CEA, LIST, LSC et LSL	
Loïc CORRENSON	loic.correnson@cea.fr	F-91191 Gif-sur-Yvette, France	
Nadège VIGNOL	nadege.vignol@edf.fr	EDF R&D	
John MCDONALD	john.mcdonald@edf.fr	1 Avenue du Général de Gaulle	
Frédéric COLIN	frederic-ep.colin@edf.fr	BP 408	
		92141 Clamart	
Frédéric PLANCHON	f.planchon@fp-conseil.fr	FP Conseil	
Thierry BRACONNIER	t.braconnier@fp-conseil.fr	Lyon	
Fernand COSTA	f.costa@fp-conseil.fr		
Raphaël CAIRE		Grenoble INP/G2Elab	
José SANCHEZ TORRES	Raphael.Caire@G2Elab.grenoble-inp.fr	Saint Martin d'Hères	
Antoine LABONNE			
Artur HECKER	artur.hecker@enst.fr	Telecom Paris Tech	
		Paris	

Résumé – Le projet de recherche SINARI traite de l'incidence des défaillances des systèmes TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) sur la sécurité des réseaux électriques de Distribution. Nous avons constitué une plate-forme des trois infrastructures concernées que sont les réseaux électriques de Distribution, les infrastructures informatiques et les réseaux de télécommunication afin d'avoir une vision « intégrée » de la sécurité de l'ensemble, en tenant compte de leurs interactions.

Abstract – Falling in the domain of the protection of networks and infrastructure, the research project SINARI addresses the impact of ICT (Information and Communication Technologies) failures on the secure operation of the electrical distribution network. We have built a platform with three different infrastructures consisting of the electrical distribution itself, the IT infrastructure, and the telecommunications network, to have a vision of the security of the overall system which takes account of the interactions between the respective infrastructures.

1. Introduction

Au vu de la sécurité globale, la complexité des systèmes de contrôle et leurs ouvertures et interconnexions multiples font craindre un accroissement de leur accessibilité à des intrusions malencontreuses ou malveillantes. L'objectif est de sécuriser les fonctions/équipements/systèmes les plus essentiels de l'ensemble en proposant des modèles opérationnels de sécurité.

Le projet SINARI a pour ambition d'identifier les menaces et les risques inhérents à ces infrastructures, de recenser les paradades utiles et nécessaires aux systèmes TIC des réseaux électriques de distribution, de les mettre en œuvre sur les systèmes les plus représentatifs les constituant, et d'évaluer les résultats.

Dans un premier temps, nous déterminons les fonctions critiques et les événements redoutés, puis recherchons des paradades. Ensuite, deux travaux sont lancés en parallèle :

- la modélisation des systèmes et de leur interdépendance [1] ;

- le maquetage des systèmes

Nous nous proposons, dans ce document, de décrire la mise en œuvre de la maquette et les attendus.

Le chapitre 2 décrit la structure globale et les événements redoutés. Le chapitre 3 présente chacun des sous-systèmes. Le chapitre 4 présente les scénarios ainsi que les mesures effectuées. Le chapitre 5 est une conclusion sur les attendus et les perspectives de cette démarche.

2. Structure globale et événements redoutés

2.1 Architecture générale

L'architecture fonctionnelle générale d'un système de conduite de réseau électrique peut être décomposée en quatre grands sous-ensembles :

- le réseau électrique lui-même ;
- les automatismes locaux répartis le long du réseau en des points clés ;

- le réseau de télécommunication permettant aux automatismes locaux de communiquer à distance ;
- le centre de contrôle (SCADA / DMS).

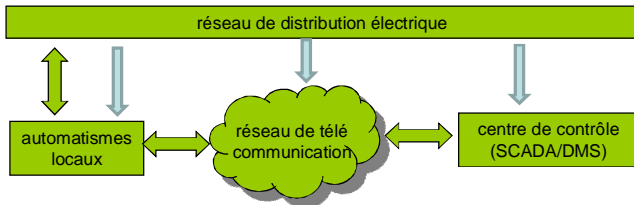


FIG. 1 : architecture fonctionnelle générale

Nous avons choisi de mettre en place un ensemble cohérent, le plus proche possible de la réalité liée à la maîtrise d'un réseau électrique de distribution, permettant d'exécuter des scénarios et d'apporter des parades. Nous retrouvons donc les quatre sous-ensembles cités précédemment :

- un émulateur du réseau électrique à l'échelle 1/1000 structuré en 3 parties (urbaine, périurbaine et rurale) avec points d'injection, charges et productions décentralisées ;
- des automatismes locaux répartis le long du réseau disposant de fonctionnalités analogues à celles implémentées sur un réseau électrique de distribution ;
- un émulateur de réseau de télécommunication permettant de modifier la qualité des échanges ;
- un centre de contrôle (SCADA / DMS) avec des fonctionnalités analogues à celles d'un système SCADA / DMS moderne ;

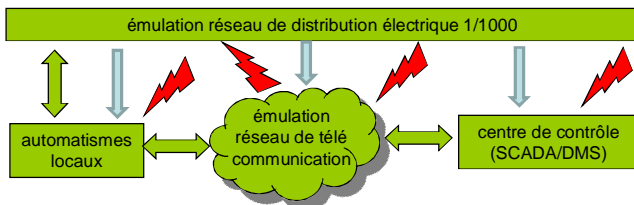


FIG. 2 : architecture mise en œuvre

2.2 Fonctions sensibles et événements redoutés

Cette recherche a fait l'objet d'une analyse de risques, menace et vulnérabilités.

Les fonctions sensibles retenues sont les suivantes :

- la télécommande unitaire d'ouverture / fermeture d'un organe de coupure ;
- le délestage / reletage par niveau, cette fonction permettant de faire baisser la charge du réseau de manière « instantanée » en cas de problème de déséquilibre production / consommation ou d'incident majeur au niveau du réseau de transport. Elle se traduit par un nombre important d'ouvertures d'organe de coupure au départ des postes électriques principaux et donc par un « black-out » ;

- la reprise de service (FDIR) qui permet d'isoler un tronçon de ligne en défaut et de réalimenter rapidement les clients en amont et en aval de la poche en défaut.

Les événements redoutés associés sont les suivants :

- attaques ou défaillances du canal de communication, altération du câble de communication et difficulté de reconfiguration du réseau télécom ;
- mauvaise configuration et virus
- bugs résiduels dans le code source ;
- charge anormale d'un réseau local, d'une machine...
- usurpation d'identité locale (opérateur) ou distante (machine échangeant).

La maquette a pour objet de mettre en œuvre ces fonctions sensibles et de provoquer les événements redoutés cités précédemment.

3. Présentation de chacun des sous-systèmes

3.1 Émulation du réseau électrique

L'objectif est de disposer d'un émulateur de réseau électrique représentatif de réseaux urbain et rural, permettant de régler des charges ou productions décentralisées et de provoquer des incidents.

La plate-forme INTEGRAL ([2], [3], [4], [5], [6]) répond à ces besoins en émulant un réseau électrique :

- transformation de tension à l'échelle 1/50 : 20 kV → 400 V ;
- transformation de courant à l'échelle 1/1000 : 30 MVA → 30 kVA.

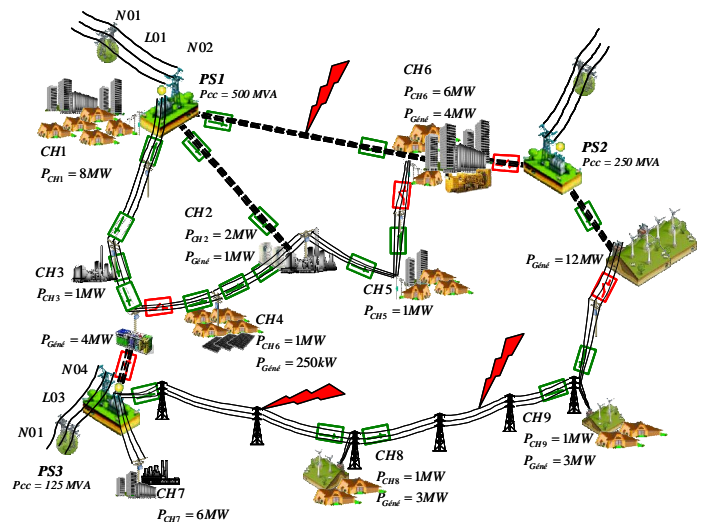


FIG. 3 : architecture du réseau RDPREDIS

Le réseau électrique a une structure radiale et comprend :

- 3 postes d'injection aussi appelés poste source (PS1 à PS3) avec autotransformateur ;
- L'équivalent de 10 postes MT/BT ou nœud du réseau (10 nœuds) avec :

- 10 charges (CH1 à CH10) - une par nœud,
- 6 productions décentralisées - pour certains nœuds,
- 10 détecteurs de défaut - au niveau de chaque nœud ;
- des émulations (au nombre de 13) de lignes triphasées sans neutre inductives, résistives et non capacitives (L, R et pas C).

Les valeurs des injections et des charges (consommation / production) ainsi que leur connexion sont modifiables. La fréquence est fixe.

3.2 Automates de conduite du réseau et leur connectique

Différents équipements sont dispersés sur le réseau électrique :

- des automates au niveau des postes source (appelés aussi postes d'injection [de l'énergie]). L'architecture respecte la nouvelle génération des PCCN (Poste de Contrôle / Commande Numérique) avec le protocole d'échange normalisé IEC 61850 ;
- des automates de manœuvre d'organe de coupure en réseau ;
- des détecteurs de défaut en réseau permettant de repérer le passage de défaut.

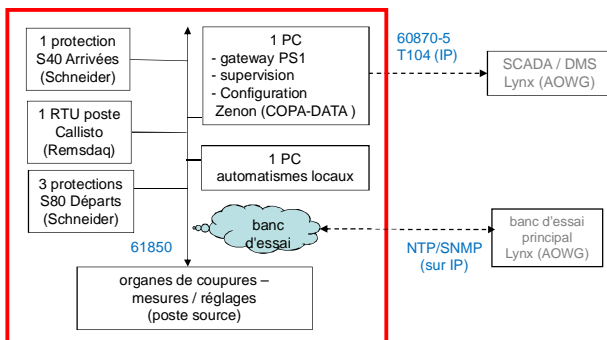


FIG.4 : Architecture PCCN

3.3 Emulation du réseau de communication

L'outil VIRCONEL (A New Emulation Environment for Experiments with Networked IT Systems) [7] développé au sein de Telecom ParisTech est un émulateur du réseau télécommunication permettant de répondre à un certain nombre de besoins :

- besoins structurels :
 - . structure du réseau de télécom proche de la structure du réseau électrique,
 - . structure du réseau identique à celle configurée pour la co-simulation (tâche 2),
 - . prise en compte de manière indépendante des différentes liaisons distantes ;
- besoins de scénarios de perturbation :

- . perturbation d'une liaison : surcharge se traduisant par l'augmentation des temps de transfert, coupure plus ou moins longue,
- . envoi de trame tronquée ou modifiée,
- . usage de scénarios avec facteur temps (démarrage à T0 + n secondes pour une durée de m secondes),
- . usage de scénario avec facteur conditionnel et temps (si tel organe de coupure est ouvert, le nœud est arrêté au bout d'un certain temps).

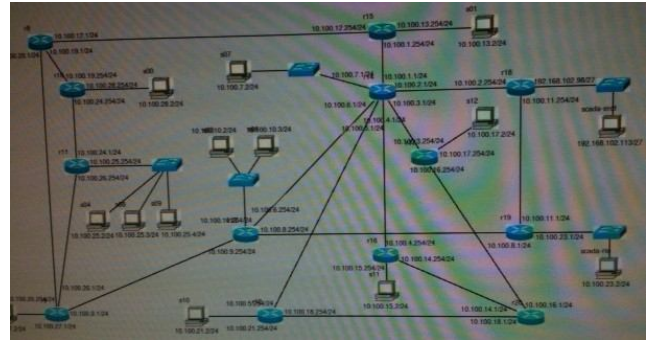


FIG.5 : Emulation réseau de communication VIRCONEL

3.4 Centre de contrôle (SCADA / DMS)

Le produit Lynx (SCADA / DMS / EMS / GMS) diffusé par Atos Worldgrid a été retenu. Les fonctionnalités mises en œuvre sont les suivantes :

- acquisition d'état des organes de coupure et des mesures électriques (U, I, P, Q) ;
- affichage de ces valeurs sur une image réseau avec la topologie ;
- envoi de commande d'ouverture / fermeture des départs et des organes de coupure en réseau ;
- envoi de commande de délestage par niveau ;
- gestion des droits opérateur ;
- coloration du réseau en fonction de la topologie ;
- automatisme de reprise de service. Il comporte les étapes suivantes :
 - . détection de défaut suite ouvertures de départ sur défaut protection,
 - . localisation du défaut avec taux de vraisemblance par interrogation des détecteurs de défaut et,
 - . isolement et réalimentation amont,
 - . estimation de charges avant défaut,
 - . réalimentation aval.

4. Banc d'essai

Cette architecture système est complétée par un outil connecté à ses différents constituants dans le but d'exécuter des scénarios et de mesurer les conséquences de ces incidents.

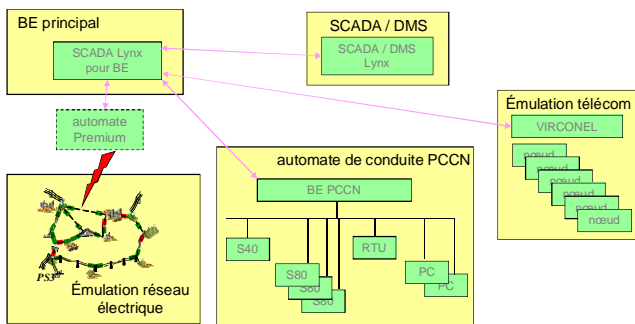


FIG.6 : banc d'essai

4.1 Scénarios

Différents événements redoutés ont été décrits et font l'objet d'essais décrits par un état initial des différents sous-systèmes et d'un scénario.

Un scénario est constitué d'un ensemble de commandes temporelles ou conditionnelles à exécuter par les BE secondaires et de pauses à acquiescer par l'opérateur exécutant les essais.

Aucune liaison avec le BE secondaire ne doit être perturbée par un scénario.

Un essai consiste donc à faire exécuter un scénario d'incidents sur un état initial.

Exemple de scénario :

- au début, perturbation des liaisons avec les détecteurs de défaut pendant 5 minutes ;
- au bout d'une minute, défaut réseau

4.2 Mesures à effectuer

L'objectif est de mesurer :

- le comportement des différents sous-systèmes en terme de charge CPU, réseau, occupation mémoire... ;
- les conséquences des incidents : délai d'exécution d'une commande, nombre de clients coupés, énergie non distribuée et non produite....

5. Conclusion

En date de rédaction de cet article, le système est en cours d'intégration et les scénarios en cours de constitution.

L'objectif est d'exécuter les différents scénarios et d'en mesurer les conséquences afin de les comparer avec les résultats de la modélisation.

Ensuite, certaines parades seront mises en œuvre et les conséquences sur le système dans les mêmes conditions d'exécution de scénario seront mesurées, de nouveau.

Références

[1] Asma Merdassi 1, Raphael Caire 1, Nouredine Hadj Said 1, Jose Sanchez Torres 1, Maria Viziteu 1, Mounir Kellil2, Nouha Oualha, Sabine Machenaud, Daniel GEORGES, Choib Bousba, Nadège

VIGNOL, Philippe CARER, John McDONALD, Ludovic Piètre Cambacédès, Chaudet Claude, HECKER Artur. Etat de l'art sur les méthodes de modélisation pour les infrastructures critiques interdépendantes – WISG 2011

- [2] [PowerTech2009-2] L. Le-Thanh, R. Caire, B.Raison, S. Bacha, F. Blache, G.Valla "Test Bench for Self-healing Functionalities applied on Distribution Network with Distributed Generators", PowerTech 2009, 28 June - 2 July 2009, Bucharest, Romania
- [3] [GM2009] N. Hadjsaid, R. Caire, B. Raison "Decentralized Operating Modes for Electrical Distribution Systems with Distributed Energy Resources", IEEE PES General Meeting 2009, 26 - 30 July 2009, Calgary, Alberta, Canada
- [4] [GM2010-1] N. Hadjsaid, L. Le-Thanh, R. Caire, B. Raison, F.Blache, B. Ståhl, R. Gustavsson "Integrated ICT framework for Distribution Network with Decentralized Energy Resources: Prototype, Design and Development", IEEE conference, General Meeting 2010, 25-29 July 2010, Minneapolis, USA, papier invite
- [5] [CRIS2010-1] B. Stahl, L. Le Thanh, R. Caire, R. Gustavsson, "Experimenting with Infrastructures", The Fifth international CRIS conference on Critical Infrastructures, NCEPU, Beijing, 20-22 September 2010
- [6] [E-ENERGY-2010] G. Peppink, R. Kamphuis, K. Kok, A. Dimeas, E. Karfopoulos, N. Hatzigiargyriou, N. Hadjsaid, R. Caire, R. Gustavsson, J. M. Salas, H. Niesing, J. van der Velde, L. Tena, F. Bliiek, M. Eijgelaar, L. Hamilton, H. Akkermans, "INTEGRAL: ICT-platform based Distributed Control in electricity grids with a large share of Distributed Energy Resources and Renewable Energy Sources", 1st International ICST Conference on E-Energy. 14-15 October 2010 Athens Greece
- [7] Y. Benchaïb, A. Hecker, "VIRCONEL: A New Emulation Environment for Experiments with Networked IT Systems", HPCS 2008, Nicosia, Cyprus.