

UNE PLATE-FORME LOGICIELLE CONFIGURABLE POUR LES ÉTUDES DE RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

D. VOIRIN, O. JEANNIN, P. HABERSTICH

Direction des Études et Recherches

Électricité de France

1, Avenue du Général De Gaulle, 92141 Clamart (France)

Tel : 01.47.65.43.21

RESUME

Que ce soit en moyenne tension ou en basse tension, les chargés d'études en distribution doivent intégrer de multiples contraintes : optimisation technique et économique, évolution récente des normes sur l'onde de tension, exigences diversifiées des clients et des collectivités en matière de qualité de la fourniture électrique. En outre, l'arrivée de nouveaux acteurs, en particulier les producteurs indépendants, complexifie le problème.

La démarche engagée par EDF vise à fournir au chargé d'études un panel d'outils communicants qui traite l'ensemble des contraintes techniques actuelles et qui puisse également répondre aux problématiques futures. Côté utilisateur, cette plate-forme logicielle doit intégrer plusieurs impératifs : unification de la saisie, homogénéisation des interfaces, facilité d'exploitation des résultats, ouverture et paramétrages poussés, mais aussi évolutivité et adaptation à des contextes techniques différents. Les outils réalisés récemment sur la base d'un tel cahier des charges ont permis à EDF de construire une offre exportable en matière de systèmes d'études de réseaux de distribution.

Après une présentation des solutions informatiques retenues pour élaborer ce panel d'outils, l'article précise les résultats obtenus à ce jour et explicite de façon détaillée les possibilités d'un outil de la gamme.

INTRODUCTION

Les investissements consacrés aux réseaux constituent un des leviers dont disposent les sociétés de distribution pour améliorer la qualité de la fourniture d'électricité, aussi bien en BT qu'en HTA : l'utilisation de cette possibilité nécessite de mettre en œuvre un système complexe de règles techniques et économiques, ce qui a amené EDF à doter progressivement ses chargés d'études de toute une gamme d'outils d'aide à la décision.

Les systèmes logiciels réalisés par EDF sont aujourd'hui conçus à partir d'un cadre de cohérence technique unique qui intègre différentes exigences : unification de la saisie des données, homogénéisation des interfaces, facilité d'exploitation des résultats, ouverture et paramétrages poussés, mais aussi évolutivité et adaptation à des contextes techniques différents. La mise au point de ce cadre de cohérence informatique a fait l'objet du projet MOSAIC et permet désormais de mieux maîtriser les composantes coûts et délais dans les développements des outils d'études de distribution.

Parallèlement, de nouveaux besoins émergent. Face à une croissance faible de la demande, l'enjeu porte moins sur le dimensionnement des nouvelles installations que sur les contraintes de qualité (temps de coupure, variations lentes de la tension...), toujours plus contraignantes.

L'arrivée de producteurs indépendants complexifie encore cette problématique car les impacts techniques sont importants. Il convient en particulier, préalablement à toute installation de production sur le réseau, de vérifier que celle-ci n'altère pas la qualité de fourniture (profil de tension, en schémas normal ou secours) ainsi que la sécurité des installations (respect des contraintes thermiques, réglage des protections, puissances de court-circuit). Par ailleurs, le développement des réseaux basse tension, dont la finalité première est la maîtrise des variations lentes de tension, doit intégrer plusieurs contraintes nouvelles, qu'il s'agisse de l'évolution récente des normes ou encore des exigences renforcées des clients et des collectivités. L'outil ESTERE développé autour de MOSAIC permet de répondre à ce problème.

Cet article présente tout d'abord le projet MOSAIC et ses résultats, puis traite l'exemple d'ESTERE.

ANALYSE DU BESOIN

En 1995, l'analyse de l'offre logicielle d'EDF en matière d'études de réseaux de distribution faisait apparaître les constats suivants :

1 - **Hétérogénéité des plates-formes support** (Unix, DOS/Windows). Les différents produits d'études mettaient en œuvre des interfaces homme-machine distinctes pour le dialogue et la visualisation du réseau et présentaient des redondances au niveau de certaines fonctionnalités, comme le calcul de l'état électrique du réseau.

2 - **Nécessité d'évolutions fonctionnelles**. Certains outils devenaient obsolètes par leur plate-forme d'exploitation. Parallèlement, de nouveaux besoins apparaissaient (voir les exemples plus haut).

3 - **Absence d'architecture intégratrice**.

L'architecture mise en œuvre avait été conçue en fonction des besoins ponctuels de chaque produit et non dans une optique de participation à un système plus vaste correspondant à plusieurs domaines métier : conduite, cartographie,...

LA CIBLE RETENUE

L'analyse qui précède a conduit la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité De France à envisager un « fil directeur » pour ses futurs développements logiciels, ce qui a été décliné en de multiples objectifs :

Une offre homogène...

Disposer d'une gamme d'outils dotés d'une interface homme-machine standardisée, permettant une prise en main rapide par l'utilisateur.

Une offre cohérente...

Disposer d'une gamme d'outils qui communiquent entre eux, et répondent à des besoins complémentaires et non redondants.

Une offre ouverte...

Envisager chaque développement avec une logique d'« insertion dans le système d'information d'entreprise », qu'il s'agisse du cas d'EDF ou de celui des sociétés étrangères.

Une offre évolutive à coûts et délais réduits...

Permettre l'ajout de fonctionnalités à un produit existant sans remettre fondamentalement en cause son architecture, ou créer de nouveaux produits en utilisant tout ou partie de produits déjà développés.

Le maître d'ouvrage voit ainsi se réduire les coûts et les délais de réalisation, d'évolution et de maintenance. L'utilisateur accède plus aisément aux différents outils et peut ainsi optimiser ses études. Le maître d'œuvre peut rentabiliser et fiabiliser ses développements. Le diffuseur peut proposer un système intégré de produits d'études de réseaux.

Ces différents principes de développement ont été concrétisés sous la forme d'un projet, appelé « Mosaïc », qui a duré trois ans et qui s'est achevé fin 98.

LE PROJET MOSAIC

L'objectif fondamental du projet MOSAIC est de définir un cadre de cohérence technique pour le développement, l'évolution et la maintenance des produits d'études de réseaux développés sur PC sous Windows en C++. Ce cadre de cohérence peut se décliner selon deux axes d'activités complémentaires : l'axe développement et l'axe communication.

1. L'axe développement

Objectif : définir une architecture de développement et d'intégration pour mettre en cohérence les développements d'outils d'études de réseaux et définir une offre cible ;

Résultat : une plate-forme de développement sur PC Windows (langage de programmation C++) offrant au développeur des outils d'aide au développement (pour la modélisation, la programmation et les tests) et des

bibliothèques de composants réutilisables ; une plate-forme de test et d'intégration sur PC Windows permettant de valider le produit et de lui conférer le label MOSAIC.

Les *composants logiciels réutilisables* s'appuient eux-même sur des bibliothèques C++ du commerce. Le développement d'un système d'étude revient alors à assembler des briques, des services et des éléments de code spécifique (voir figure 2, et définition des briques et services plus bas).

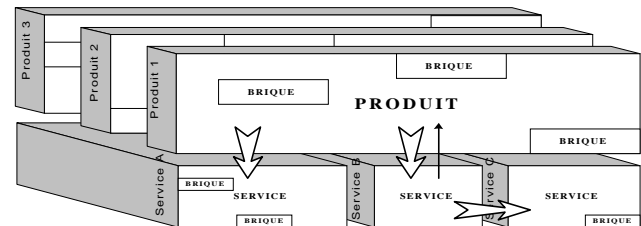


Figure 2 - Principe de réutilisation de composants logiciels

Les composants réutilisables couvrent les besoins suivants :

- modélisation de graphe générique,
- modélisation de réseau électrique,
- représentation graphique de réseau,
- gestion de la cohérence entre le modèle logique et le modèle graphique (serveur de représentation),
- fonctions d'édition de réseau et d'édition cartographique,
- codes de calculs électriques.

L'identification et les spécifications de ces fonctions, dont la liste n'est pas exhaustive, a fait l'objet d'une étude achevée en 96. Le périmètre fonctionnel de Mosaïc n'est pas pour autant figé : des nouveaux composants sont intégrés à l'architecture Mosaïc au fur et à mesure des besoins (ex. : code de calcul des puissances de court-circuit « Criter », en 98).

L'ensemble de ces outils de base permet de bâtir rapidement et à moindre coût un squelette d'application, sur lequel on greffe les codes de calculs et l'interface Homme-Machine spécifiques. Les développements réalisés à partir des briques de base tirent pleinement partie des concepts objets d'encapsulation et d'héritage, ce qui garantit évolutivité et ouverture.

La figure 3 présente les différentes couches logicielles composant MOSAIC. On distingue :

1 - les couches basses, appelées « briques » : ce sont des fonctions, ou API (Application Programming Interface), à l'usage des équipes de développement. Elles gèrent la modélisation de graphe, de réseau électrique, la représentation graphique, la mise en cohérence du graphique et du modèle applicatif.

2 - les couches hautes, appelées « services ». Ce sont soit des API (ex. : code de calcul), soit des outils logiciels communs aux logiciels de la gamme (éditeur de symbole, éditeur de réseau, éditeur cartographique, module de pilotage d'une table à digitaliser).

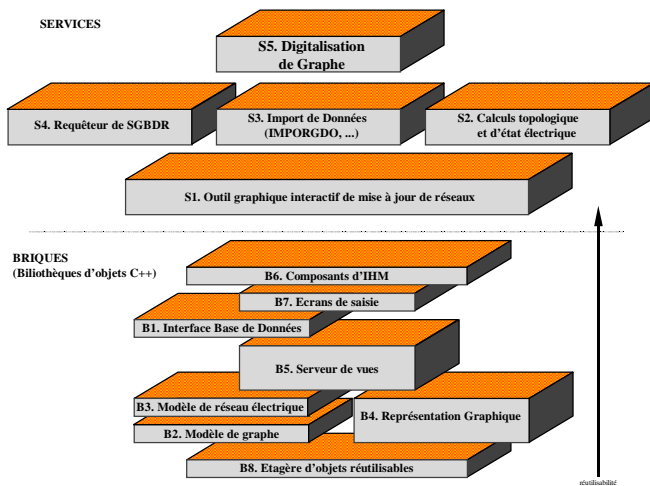


Figure 3 : Couches logicielles MOSAIC

2 - L'axe communication

Le choix d'une **architecture de communication** repose sur les considérations suivantes :

- développer, utiliser et organiser les briques et services décrits précédemment comme éléments des systèmes cibles visés ;
- intégrer le plus possible de composants existants dans les systèmes cibles sans nuire à l'homogénéité tout en conservant l'évolutivité du système ;
- coller au plus près des technologies du marché les plus couramment utilisées, dans la même démarche de pérennité du système ;
- tirer partie des progiciels existants, en développant des liens avec ces systèmes.

La figure 4 présente un exemple d'architecture de communication, fondée sur deux référentiels : le référentiel technique et le référentiel géographique. Cette architecture est inspirée de celle existant à EDF.

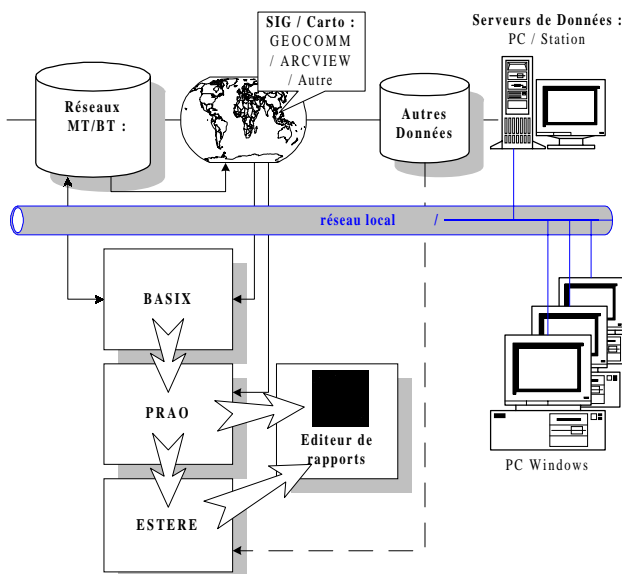


Figure 4 : Architecture de communication

On notera sur cette figure :

- La communication entre outils : elle est assurée via un réseau local par communication directe avec le serveur de données (c'est le cas du produit BASIX, outil de mise à jour et de consultation de la base de données technique), ou par échange de fichiers. Le format retenu est le format d'origine de PRAO (outil d'aide à la décision pour les choix d'investissement en MT). Ce format est intégré à tous les produits de la gamme (PRAO, BASIX, ESTERE) ;
- L'utilisation d'outils bureautiques standards (type EXCEL®) pour la présentation des résultats des divers produits d'études. La possibilité d'intégrer directement les résultats produits dans des rapports est très appréciée des utilisateurs ;
- La connexion au monde des SIG (Système d'Information Géographique).

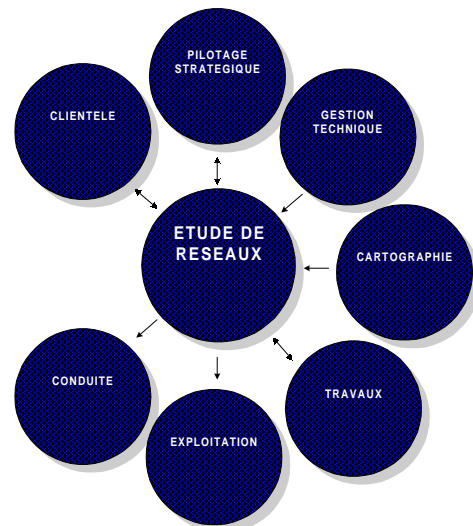


Figure 1: les domaines connexes aux études de réseaux

En matière de communication, l'attente des utilisateurs porte surtout sur l'ouverture des outils aux domaines des SIG, de la conduite et de la clientèle.

Les SIG (Systèmes d'Information Géographique) apportent bien plus que la production de plans. Ils se trouvent de plus en plus au centre du système d'information technique des entreprises et permettent de recouper différentes sources de données entre elles ou avec le terrain. Deux outils du commerce fonctionnant sous NT sont actuellement étudiés dans le cadre du projet MOSAIC : ils se placeront en aval du système d'information technique (BASIX) et permettront de réaliser des thématiques ou la production de plans.

Le même souci porte sur les **informations provenant des domaines « conduite » et « planification »** (on regroupe sous ce terme toute la gestion technique et patrimoniale de la société de distribution). Sans être identiques, les bases de données associées à ces deux domaines sont dans la pratique disjointes et ne communiquent pas. Des liens sont prototypés pour lier le système d'information technique

BASIX à des bases de données « conduite » produites par EDF (projet IN-PACT) ou par des constructeurs privés (SEVME ou MORS).

Enfin, des liens avec les bases de gestion clientèle permettent d'éviter les doubles saisies, source d'erreurs et de perte de temps.

Les travaux actuels jettent les bases de ce qui sera une future offre DMS (Distribution Management System).

MOSAIC : LES RESULTATS

MOSAIC a été utilisé dans le développement de plusieurs logiciels concernant les réseaux de distribution :

- un gestionnaire d'ouvrages MT (BASIX), aujourd'hui vendu à l'International
- un outil d'optimisation des réglages de tension et d'étude de raccordement de producteurs sur le réseau HTA (ESTERE V1 et V2),
- outils de mise à jour des bases de données techniques MT, BT et gaz en Centres EDF (outils PANTER, en cours de développement). Il permettront de tirer parti des interfaces standardisées.

La figure qui suit donne un aperçu des gains amenés par MOSAIC sur les charges de réalisation informatique.

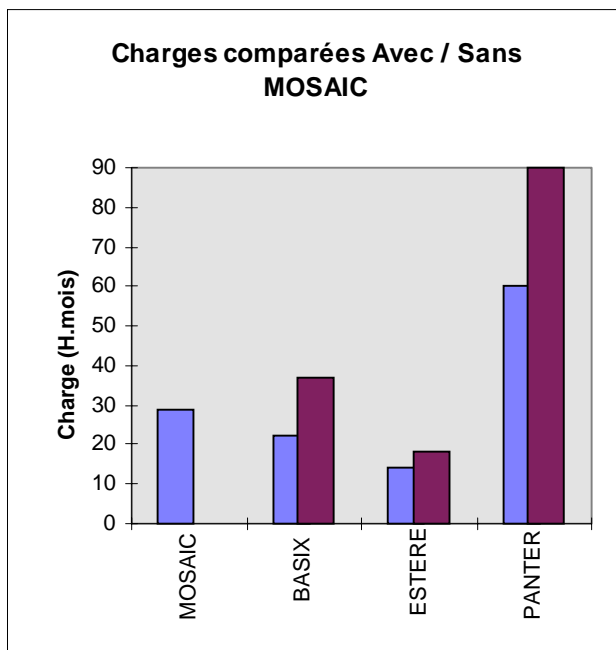


Figure 4 : Coûts comparés Avec/Sans Mosaïc

On constate un gain d'environ 25% sur les coûts de développement, permettant d'amortir l'investissement initial (première colonne).

MOSAIC n'est pas un outil figé. L'opportunité d'intégrer tel ou tel service au package MOSAIC est systématiquement analysée. S'il est potentiellement réutilisable, il y sera intégré. Reste la question du coût : un composant logiciel réputé réutilisable ne partage pas les

mêmes normes de développement qu'un code spécifique (en terme de spécification, de documentation ou de tests). Après expérience, on estime que le coût de la « réutilisabilité » est jusqu'à 50% plus important qu'un coût de code spécifique. Ce coût est ensuite amorti par les gains réalisés lors du codage des produits finis.

UN PRODUIT MOSAIC : ESTERE

Deux problématiques ont conduit à l'écriture de l'outil ESTERE : d'une part, l'optimisation du plan de tension du réseau de distribution, d'autre part, l'introduction de producteurs décentralisés en réseau.

Optimisation du plan de tension

Contexte : la qualité de la tension constitue une composante importante de l'offre de référence d'EDF et se décline sous deux aspects en ce qui concerne les variations lentes de tension:

L'arrêté français du 29 Mai 1986 applicable à partir de Juin 1996, porte à 230 V la tension nominale BT et limite la plage de ses variations à + 6 % / - 10 % autour de cette valeur. Les anciennes tolérances contractuelles 220 V + 10 % / -10 % deviennent donc caduques et la fourchette de variation de la tension BT diminue de 4 %.

En HTA, les contrats Emeraude en cours de généralisation engagent EDF à livrer, en schéma normal ainsi qu'en configuration de secours, une tension comprise dans une fourchette de +/- 5 % autour d'un niveau dûment spécifié (au lieu de +/- 7 % dans le contrat Emeraude expérimental)

Cette diminution des tolérances de variation de la tension (- 4 %) induirait un effort financier non négligeable de la part d'EDF si seules les solutions traditionnelles de renforcement des réseaux HTA et BT étaient mises en oeuvre.

Objectifs : proposer un outil permettant d'optimiser le réglage de la tension BT, basé sur la méthode de calcul coordonné du plan de tension en HTA et BT,

Etude de la production décentralisée

Contexte : on assiste à une tendance générale qui est l'accroissement des demandes de raccordement de groupes de production décentralisée sur les réseaux. En France, cette tendance est liée à l'obligation d'achat des énergies renouvelables et de l'énergie produite à partir de cogénération (ainsi qu'aux tarifs d'achat pratiqués), et pourrait s'accélérer à l'avenir avec l'ouverture du marché de l'électricité.

Or jusqu'à présent les exploitants des réseaux de distribution sont relativement démunis pour déterminer les contraintes posées par le raccordement de tel ou tel producteur sur le réseau HTA ou le réseau BT. Un outil d'aide à la décision pourrait en conséquence être fortement utile pour réaliser les bons choix et épargner un temps précieux.

Objectifs :

Connaître la possibilité ou non du raccordement d'un producteur décentralisé donné en un point donné. Afin de déterminer cette possibilité de raccordement, la connaissance de la puissance P_{\max} du producteur et de la valeur minimum de $t_{g\phi}$ qu'il peut tenir à ses bornes sont des données d'entrée indispensables. En outre, les paramètres de la régulation de tension au poste source sont aussi des données d'entrée de l'étude. Deux types de régulation sont possibles aux bornes du producteur : une régulation pour maintenir une consigne de puissance active P et de tension V (régulation PV), ou bien une régulation pour maintenir une consigne de puissance active P et de puissance réactive Q (régulation PQ). L'absence de régulation est prise en compte pour les machines asynchrones. En cas d'impossibilité de raccordement, le logiciel doit fournir à l'exploitant des éléments lui permettant de discuter avec le producteur, notamment en termes de contraintes induites (thermiques, surtensions, PCC, réglage des protections) sur le réseau. L'utilisateur pourra, s'il le souhaite, déterminer aussi la puissance maximale que l'on peut raccorder en ce point.

Ce besoin peut se décliner selon la question suivante :

Est-il possible de raccorder un producteur donné en un point donné, et quelles sont les contraintes ? Si non, quelle doit être la puissance maximale du producteur pour que l'on puisse le raccorder ?

Intérêt de Mosaïc

L'intérêt d'intégrer le développement d'ESTERE au projet Mosaïc s'est imposée pour les raisons suivantes :

- la modélisation « classique » du réseau de distribution, permettant la réutilisation directe des composants Mosaïc,
- le besoin de lier ESTERE à PRAO. Grâce à un format d'échanges commun, les fonctions d'édition de PRAO sont directement exploitables dans ESTERE, sans coût supplémentaire. ESTERE est donc facilement adaptable à l'international,
- l'homogénéisation de l'interface graphique.

Retour d'expérience

L'outil est actuellement en exploitation à EDF, en attendant son adaptation pour l'international. Le retour d'expérience permet aujourd'hui de fournir les informations suivantes :

Prototypage rapide : Un prototype réalisé en un mois a permis de valider le choix de Mosaïc.

Développement maîtrisé : La phase de codage du produit adhérente à MOSAIC s'est déroulée conformément aux prévisions.

Validation de l'intérêt de MOSAIC : La structure proposée par MOSAIC s'est avérée adaptée au produit. La même version de MOSAIC est utilisée dans plusieurs outils, ce qui réduit les coûts de maintenance et permet une meilleure stabilité du code.

CONCLUSION

Le développement de l'outil au meilleur coût passe en premier lieu par une évaluation précise des besoins et la validation des spécifications par les futurs utilisateurs. Mais cela ne suffit pas. Le projet mené par la DER a permis des gains de développements en misant sur la réutilisabilité des codes (grâce en particulier aux techniques objet) et la communication entre outils, qu'ils soient développés en interne ou non.

Des produits comme BASIX, ESTERE et PANter tirent partie de ces orientations techniques, au bénéfice des utilisateurs mais aussi des maîtres d'ouvrage. Les développements réalisés ont jeté les bases d'un projet DMS (Distribution Management System) complétant l'offre d'EDF en matière de logiciels.