

PCCN : de l'étude à la réalisation

C.Boisnault, J.F. Brisset, A. Pinget (EDF)

L. Hossenlopp (ALSTOM), H. Libens (ICE), C. Souchère (SCHNEIDER ELECTRIC)

1. Introduction

Le projet PCCN, initialisé par la Direction EDF GDF SERVICES (DEGS), a pour objet la mise en oeuvre d'un nouveau palier technique de contrôle-commande pour les postes « sources » qui alimentent ses réseaux HTA.

Après une étude de faisabilité menée durant les années 93/95, le choix s'est porté vers la technologie du « tout numérique ». Depuis janvier 1996 le projet est dans sa phase de réalisation : après la constitution des Spécifications Techniques de Besoins (STB) une consultation, au niveau européen, a été lancée. Six constructeurs ont été retenus, qui sont aujourd'hui en phase de développement.

Nous allons tout d'abord rappeler ce que sont les objectifs stratégiques du projet PCCN, puis nous présenterons les apports du numérique et enfin les choix techniques retenus.

2. Les objectifs stratégiques

La politique d'EDF GDF SERVICES s'articule autour de trois objectifs généraux dont l'amélioration de la qualité de service et la réduction des coûts. Ces orientations se traduisent par des décisions de politique technique.

2.1 Qualité du kWh.

Une fois sur six, actuellement, la coupure d'un client est due à la défaillance du système de protection et contrôle-commande. En particulier, les protections actuelles ne signalent pas leur défaillance, ce qui entraîne, lors d'un défaut sur le réseau, le déclenchement des organes de protection situés en amont et par conséquent une interruption de fourniture chez un nombre plus élevé de clients.

La défaillance des protections est une fonction du temps indépendante du nombre de défauts en réseau. L'amélioration de la continuité de fourniture sur les réseaux HTA entraîne une augmentation relative de la responsabilité du contrôle-commande sur les coupures. Ainsi, si aucune amélioration n'est apportée, les contrôles-commandes actuels seraient responsables d'environ une coupure permanente sur quatre en l'an 2000.

2.2 Adaptation à l'évolution des réseaux

L'accroissement de la mise en souterrain des réseaux se poursuivra pour satisfaire les contraintes de l'environnement et pour éviter les conséquences des incidents généralisés. La part de réseau souterrain nécessitera la modification du régime de neutre HTA et du plan de protection associé.

2.3 Evolutivité

Les contrôles-commandes des postes sources sont soumis à de fréquentes mises à niveau technique qui représentent actuellement environ 16% des dépenses dans les postes, et 40% des ouvrages de plus de 10 ans ont été modifiés depuis leur installation. L'apparition de nouvelles méthodes, la mise en place de systèmes d'aide à la conduite pour améliorer les temps de reprise de service, et la définition de nouvelles fonctions (plan de défense...) conduisent à prévoir des adaptations techniques des contrôles-commandes.

3. Le palier Numérique

3.1 L'apport du numérique vis à vis de la qualité de fourniture

Comme il a été mentionné précédemment, un des objectifs prioritaires du palier PCCN est d'accroître la qualité de l'énergie électrique en terme de continuité de fourniture.

Cet objectif correspond à une demande du marché et est une tendance générale chez les grands distributeurs d'énergie électrique des pays industrialisés.

Cette augmentation de la qualité de fourniture exige, outre la diminution des défauts en réseau, une diminution notable des incidents de non-distribution dus au système de protections et contrôle-commande des postes sources.

Décliné en termes de sûreté de fonctionnement cet objectif nécessite un accroissement important des performances de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité des équipements concernés, que seule une technologie numérique généralisée permet d'atteindre.

3.1.1 Impact d'une meilleure disponibilité

L'apport du numérique face à des technologies plus anciennes est particulièrement évident sur le plan de la disponibilité :

Chaque équipement est autosurveillé grâce à la technologie numérique par une batterie d'auto-tests et d'auto-diagnostics, ce qui permet de connaître en temps réel quel est l'état de fonctionnement - valide ou hors service - de cet équipement.

Dans la majorité des cas impactant sur la continuité de fourniture, la défaillance d'un équipement peut ainsi être masquée jusqu'à réparation, par un mécanisme de secours.

L'exemple le plus frappant en est celui du "secours du départ par l'arrivée".

Avec le palier PCCN, lorsqu'un défaut réseau survient sur un départ dont la protection numérique s'est déclarée hors-service, l'arrivée donne un ordre d'ouverture, en secours, au disjoncteur du départ concerné. Ainsi la non-distribution d'énergie est-elle limitée à un seul départ.

Au contraire, sur les paliers de technologie plus ancienne, la défaillance des protections d'un départ entraîne en cas de défaut réseau, l'ouverture du disjoncteur de l'arrivée privant ainsi d'énergie une demi-rame entière

3.1.2 Une maintenance facilitée

Outre le déclenchement des opérations de dépannage en temps utile, les auto-tests et auto-diagnostics apportent l'avantage complémentaire au niveau de la maintenabilité de raccourcir le temps d'intervention sur les équipements en apportant une aide significative dans la localisation des pannes.

3.1.3 Une fiabilité permettant une conduite plus efficace

Une autre caractéristique de la technologie numérique, essentielle vis à vis de l'objectif poursuivi, est que la fiabilité des équipements n'est pas en relation directe avec le nombre de fonctionnalités implémentées (alors qu'avec les anciennes technologies, la fiabilité est en première approximation inversement proportionnelle aux nombres de fonctionnalités).

Cet atout du numérique est largement exploité sur le palier PCCN

Ainsi tout en respectant les contraintes de fiabilité spécifiées dans la STB en fonction de l'objectif à atteindre, est-il possible d'implémenter de nombreuses fonctions et mécanismes permettant de rendre la conduite et en particulier les opérations de reprise de service plus sûres, plus rapides et mieux adaptées au besoin.

Un exemple en est l'automatisme de transfert de charge sans coupure en cas d'alarme (APSC).

3.2 L'apport du numérique vis à vis de l'évolutivité

Le palier PCCN sera installé et utilisé pendant dix à quinze ans sur les réseaux de Distribution de EDF. Pendant cette période, les besoins des utilisateurs et les réalités industrielles changeront, rendant indispensable l'évolution des lots conçus et installés au départ du déploiement.

Du point de vue utilisateur, les besoins pourront être :

- ajout d'un nouveau lot dans un poste,
- ajout d'un nouvel équipement dans un lot existant,
- modification d'un équipement existant :
 - ajout de signaux en entrée et / ou sortie,
 - modification de fonctions,
 - modification d'interface homme / machine,
 - modification des messages échangés entre lots.

Du point de vue des constructeurs, les besoins seront par exemple :

- évolutions technologiques (exemple : obsolescence de composant)
- réduction des coûts de production.

3.3 Compatibilité avec l'existant

L'étude du palier numérique prend en compte, en terme de facilité de mise en oeuvre, la part importante que constituent les marchés de renouvellement et d'extension des postes existants.

La compatibilité avec l'existant implique de pouvoir mettre en oeuvre le palier numérique dans les postes sources actuels (correspondant à deux paliers techniques appelés palier classique et palier 86). Cette disposition est impérative pour permettre un déploiement échelonné de ce palier.

3.4 Principes d'architecture

3.4.1 Alternative conventionnelle dans la fourniture d'un contrôle-commande de poste

La fourniture du contrôle-commande d'un poste électrique procède traditionnellement de la démarche suivante:

- Soit une fourniture d'ensemble ("clé en main") par un fournisseur unique. Le fournisseur doit approvisionner les différents constituants matériels et logiciels, et réaliser les travaux d'ingénierie pour intégrer ces constituants entre eux puis dans l'infrastructure du poste (appareillage et génie civil).

- Soit une fourniture d'équipements individuels tels que des protections, des automates de régulation ou des interfaces homme-machine par des fournisseurs éventuellement différents. Les travaux d'ingénierie sont alors réalisés par l'utilisateur ou par une société tierce.

La stratégie d'équipements séparés correspond généralement au cas d'entreprises ayant un nombre important de postes, justifiant l'investissement d'équipes spécialisées d'ingénierie travaillant sur l'ensemble des postes.

3.4.2 Lotissement du PCCN

Une voie médiane a été choisie pour le projet PCCN, afin de bénéficier des avantages de ces deux solutions. La fourniture se compose de lots homogènes d'un point de vue électrotechnique, permettant de réduire le nombre d'équipements à approvisionner sans sacrifier la maîtrise technique de EDF sur l'intégration de ces lots:

- Cinq lots (rame, transformateur, supervision, automatismes poste, télécommande à fréquence musicale) suffisent à définir le poste dans son ensemble, contre plus d'une vingtaine de produits en cas d'équipements séparés (cf. figure 1). Chaque lot optimise l'intégration entre les équipements individuels qui le constitue.
- Chacun de ces lots intègre sa propre ingénierie (configuration, câblage, installation, ...). EDF se charge de l'intégration entre ces lots, grâce à un réseau de communication et une gestion de la configuration logicielle.
- Chaque lot peut être approvisionné chez différents fournisseurs. L'interopérabilité entre ces lots est assurée par un processus de test décrit dans le paragraphe 5.

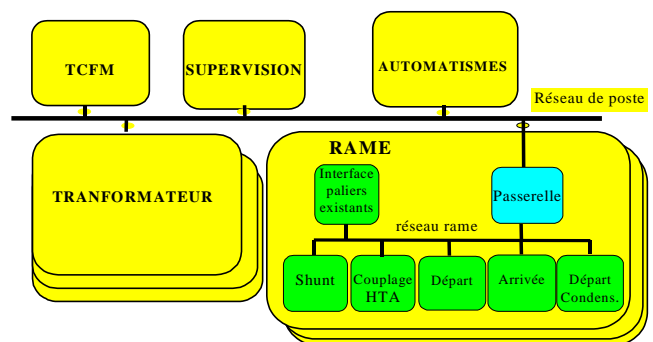


Figure 1: Les cinq lots du projet PCCN

3.4.3 Principe de cohabitation

La capacité de *cohabitation* entre un lot numérique de la génération PCCN dans un poste existant et non encore rénové est une des caractéristiques essentielle des lots rame, transformateur et TCFM.

La cohabitation répond à deux besoins majeurs de l'exploitant:

- Lissage et préservation des investissements. Il n'est pas nécessaire de remplacer immédiatement l'ensemble du contrôle-commande du poste pour installer des lots du

PCCN. Par exemple l'adjonction d'un nouveau transformateur doit pouvoir être traitée en palier PCCN sans demander à changer l'équipement du transformateur existant ou des départs associés. Ce même lot doit pouvoir à terme fonctionner avec le reste du contrôle-commande entièrement numérisé, et optimiser les fonctions associées.

- Minimisation de l'indisponibilité du poste. La modification d'une rame ne doit pas empêcher le fonctionnement des autres rames. La rénovation se fait rame par rame, et l'indisponibilité est limitée à la seule rame en cours de rénovation.
- La notion de cohabitation nécessite, pour les lots concernés, la réalisation d'interfaces Tout ou Rien afin d'assurer les liaisons avec les équipements existants (conduite, consignation d'états, automatismes, ...) via des répartiteurs conventionnels (figure 2).

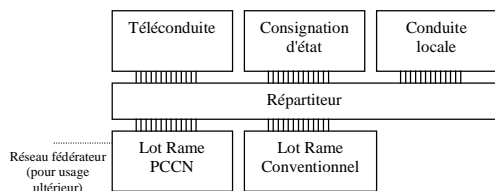


Figure 2: Principe de cohabitation

3.4.4 Principes de communication

La communication entre un lot PCCN et le reste du système repose sur deux principes:

- Liens conventionnels filaires en phase de cohabitation, (cf. le paragraphe ci-dessus).
- Réseau de communication lorsque l'ensemble des lots sont de génération PCCN. Ce réseau permet notamment le rapatriement des fichiers de perturbographie enregistrés par les protections et le paramétrage des équipements.

Le réseau de communication est basé sur les standard Ethernet, UDP/IP, SNMP et TFTP. Des objets de type télésignalisation, télécommande, télémessure et fichiers ont été définis. Des services dérivés du futur standard IEC 61850 ont également été spécifiés pour le transfert de ces objets.

Le réseau est complété par des liens tout ou rien pour transporter:

- Les informations inter-lots présentant des contraintes de temps critiques, comme par exemple les ordres de déclenchement des arrivées entre les lots Rame et Transformateur.
- Les informations de sécurité. Un bus alarme réunissant les informations critiques de défaillance est élaboré par chacun des lots pour permettre des traitements de secours en cas de panne du réseau de communication interne au lot.

3.5 Principe de configuration des lots

3.5.1 Le système de configuration :

Il regroupe l'ensemble des moyens permettant :

- De particulariser les équipements standard pour le poste source concerné,
- De faire évoluer les fonctionnalités du système, sans remettre en cause les composants matériels

La technologie numérique apporte une plus grande souplesse fonctionnelle y compris dans le paramétrage.

En contre partie, cette souplesse ne peut être garantie que par l'utilisation d'outils conviviaux d'aide à la configuration. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les Configurateurs de lots du PCCN.

3.5.2 Les domaines de configuration

Le configurateur œuvre sur quatre domaines :

- L'architecture électrotechnique, qui décrit le schéma unifilaire du poste source
- L'architecture contrôle commande qui décrit les équipements d'automatisme et de protection du poste.
- Le domaine fonctionnel
- Les fichiers des données échangées

Données de configuration: les différents domaines

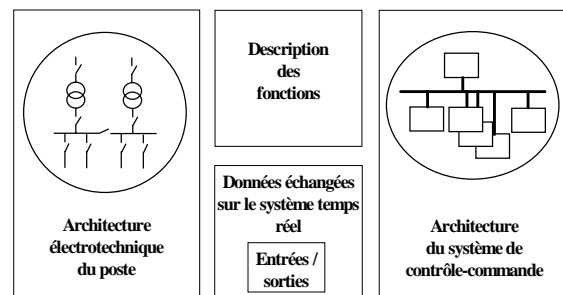


Figure 3 : Les domaines de configuration

3.5.3 Concepts et bibliothèque

L'adaptation au poste est facilitée par l'utilisation :

- D'objets types,
- De règles d'identification,
- De formats standards pour les échanges entre le configurateur système et le configurateur de lots.

La répétitivité des démarches de configuration conduit naturellement à la définition préalable d'une bibliothèque d'objets types : Tranche type, équipement type, organes types, fonctions types, etc. Le configurateur de lots permet alors de créer des objets réels par instanciation des objets types.

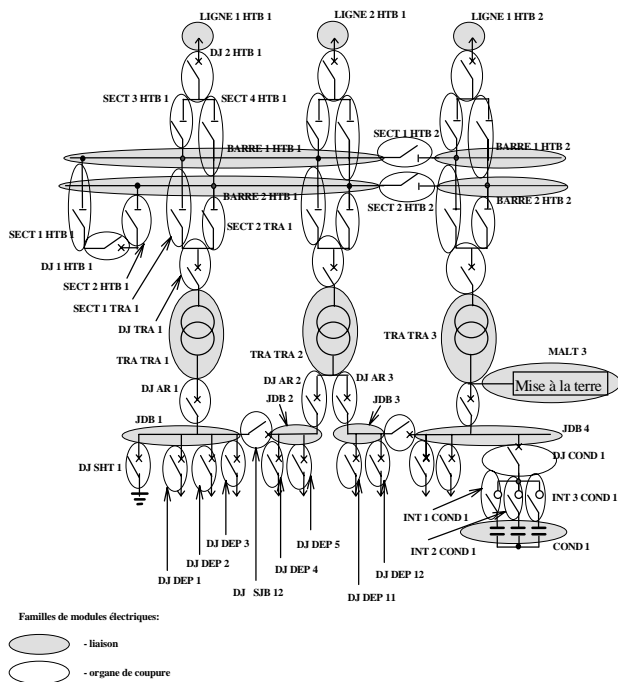


Figure 4 : les objets types

3.5.4 Les fonctions de service

Chaque lot exécute les fonctions qui lui sont assignées. Celles ci sont de trois types :

- Les *fonctions de base* ne nécessitant aucun paramètre,
- Les *fonctions standards configurables* ; Ces fonctions sont mises En ou Hors Service et sont adaptées au contexte du réseau du poste. Ces fonctions ne sont pas modifiables.
- Les *fonctions utilisateurs* créées ou modifiées grâce au configurateur de lots.

Chaque équipement d'un lot exécute des "*fonctions de base*" déduites des trois autres domaines de configuration.

L'architecture électrotechnique, les besoins d'adaptation au procédé conduisent à la mise en œuvre (ou non) et au paramétrage des "*fonctions standards configurables*". Un exemple est le type de mise à la terre du neutre.

Les spécificités du poste et de son réseau, la nécessaire cohabitation avec les paliers précédents et les besoins d'évolutivité sont résolus par les "*fonctions utilisateurs*". Ces fonctions sont créées à l'aide du configurateur en mettant à profit la bibliothèque de blocs fonctionnels. Sans avoir recours à du personnel informaticien, mais à des techniciens des réseaux, ces blocs fonctionnels permettent d'implanter, de façon simple et sûre, des logiques séquentielles complexes. Cette programmation, par l'utilisateur final, permet de mettre pleinement à profit la souplesse fonctionnelle de la technologie numérique.

3.5.5 Cohérence des données :

La souplesse de configuration est parfois source d'incohérences des données liées à un manque de traçabilité des versions de paramétrage. La mise en place d'un outil

intégré de gestion de version assure cette cohérence globale aussi bien pour les données que pour les fonctions.

3.5.6 Perspectives :

La phase actuelle de développement des configurateurs de lots est la première étape qui conduira EDF au développement du "Configurateur Système" ; autorisant alors la couverture des domaines de la téléconduite et du contrôle commande poste source.

4. Les fonctionnalités des différents lots

4.1 Le lot Rame

Le lot Rame est le seul lot de PCCN pour lequel une architecture décentralisée (chaque cellule HTA est dotée d'un équipement de contrôle-commande) a été imposée. Les besoins de sécurité des personnes et des biens, liés aux besoins de qualité de service, ont conduit EDF à conserver la structure actuelle, à savoir l'équipement de protections et d'automatismes au plus près du disjoncteur HTA.

Les différents équipements (Arrivées, Départs, Condensateurs, ...) seront donc reliés entre eux par un réseau local de communication.

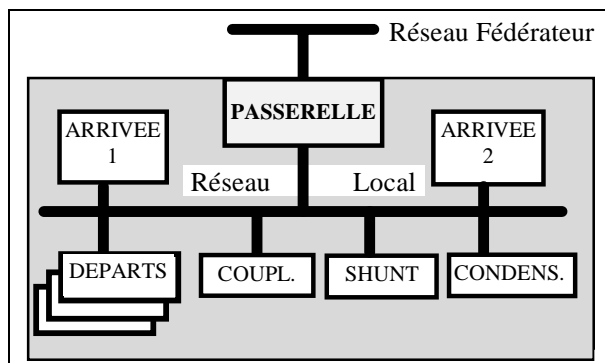


Figure 5 : le lot Rame

Aux fonctionnalités actuelles de protections et d'automatismes, qui sont reconduites, viennent s'ajouter des fonctionnalités nouvelles rendues possibles par l'adoption de la technologie numérique :

- sélectivité logique des protections départs, couplage et arrivées,
- secours par sélectivité logique des départs par l'arrivée, de l'arrivée par la liaison,
- modification du plan de protections de base afin de prendre en compte la mise en place dans un avenir proche du nouveau régime du neutre HTA (neutre compensé),
- enregistrement perturbographique paramétrable sur chaque équipement.

Chaque équipement possède en face avant une IHM succincte de conduite dite « sur place », s'activant automatiquement en cas de perte du réseau fédérateur, du réseau local ou du lot Supervision.

Le choix du type de réseau local destiné au lot rame est laissé à l'initiative du constructeur.

Ce lot sera doté d'une interface de cohabitation dont l'architecture est également laissée à l'initiative du constructeur.

4.2 Les lots Transformateurs, Automatismes, TCFM et Supervision

L'architecture interne de ces lots n'est pas imposée. Comme le lot Rame, les lots Transformateur et TCFM sont prévus pour être déployables dans des postes classiques ou palier 86 et seront donc proposés avec des interfaces de cohabitation.

Les fonctionnalités de ces lots sont les suivantes :

pour le lot Supervision :

- Assurer la conduite à distance,
- Assurer la conduite en local,
- Assurer l'archivage et la consignation d'état,
- Assurer la récupération et le stockage des fichiers de perturbographie,
- Permettre la téléconsultation : le mode téléconsultation depuis une station distante (à ne pas confondre avec le mode téléconduite) permet d'avoir accès, comme en mode local, aux fichiers des derniers événements, aux fonctions de paramétrage et aux fichiers de perturbographie.

pour le lot Transformateur :

- assurer les protections internes,
- assurer les protections externes ,
- assurer la régulation de tension,
- assurer la régulation de la bobine de point neutre (pour les réseaux qui auront changé de régime de neutre et seront en neutre compensé).

pour le lot Automatismes :

- assurer le transfert automatique de transformateurs,
- assurer la permutation automatique sans coupure des transformateurs,
- assurer le délestage/relestage fréquentométrique,
- assurer la régulation VARmétrique,
- assurer la fonction de « tranche générale » du poste.

pour le lot TCFM :

- assurer la gestion et l'émission des signaux tarifaires en 175 Hz et en 188 Hz.

5. La plate-forme de test PCCN

5.1 Une nouvelle problématique de tests

Si l'introduction des technologies numériques et des réseaux de communication permet d'obtenir des systèmes de plus en plus modulaires, évolutifs et puissants, elle augmente d'autant la complexité des tests fonctionnels à réaliser pour s'assurer du bon interfonctionnement des matériels en

présence (à plus forte raison lorsque ces matériels peuvent provenir de constructeurs différents).

De tels essais de validation nécessitent, notamment pour les fonctions réparties entre plusieurs équipements, le développement d'outils permettant d'assurer une simulation coordonnée et en temps réel du procédé et des échanges numériques entre équipements.

Les chapitres suivants présentent l'outil de test développé dans le cadre du projet PCCN.

5.2 La plate-forme de recette

La plate-forme est constituée de 4 entités :

- Un PC qui assure la configuration du système : génération de la structure de la base de données du contrôle-commande et transfert de celle-ci vers la station de pilotage.
- La station de pilotage dédiée au support des fonctions suivantes :
 1. préparation des scénarios de test (édition, compilation, classement, importation/exportation de fichiers);
 2. pilotage de l'exécution d'un test (chargement des organes de simulation, définition d'un T0 commun, suivi du déroulement du test, suivi du comportement du réseau fédérateur, conditions d'enchaînement des tests, etc.),
 3. exploitation des résultats de tests (fusion des traces d'exécution produites par chaque organe de simulation, archivage et fonctions avancées de filtrage et de recherche pour faciliter un diagnostic rapide des résultats).
- Un châssis VXI qui contient autant de cartes CPU que de lots devant être simulés et une carte d'entrées/sorties temps réel chargée de simuler fonctionnellement le procédé (positions des disjoncteurs, présences de défauts, etc...) :
- Un langage simple permet de décrire des automates complexes simulant le comportement d'un lot recevant et émettant des signaux vers d'autres lots ou le procédé. Le moteur d'exécution des automates peut s'appuyer sur n'importe quels protocoles et réseaux de communication. Il peut donc prendre en compte tout type de messagerie.
- La simulation du procédé effectuée à partir d'équations logiques est souple et évolutive. Elle permet de manière générale de simuler en temps réel des disjoncteurs, des courants et tensions images de défauts du réseau électrique, et tout type d'état logique.
- Divers éléments assurant la mise en forme des signaux à simuler (sources de tension et courant triphasées et monophasées, alimentations continues,...), ainsi qu'une platine de raccordement permettent la connexion des lots du contrôle-commande à tester (plus d'une centaine d'entrées/sorties logiques et analogiques à disposition).

L'ensemble de la plate-forme tient dans une armoire standard.

De plus, un analyseur décodant les messages jusqu'au

niveau applicatif permet aux non spécialistes de suivre en temps réel ou en temps différé, l'ensemble des échanges entre lots et de diagnostiquer les problèmes liés à de mauvais formats de messages ou à un mauvais enchaînement de messages entre lots.

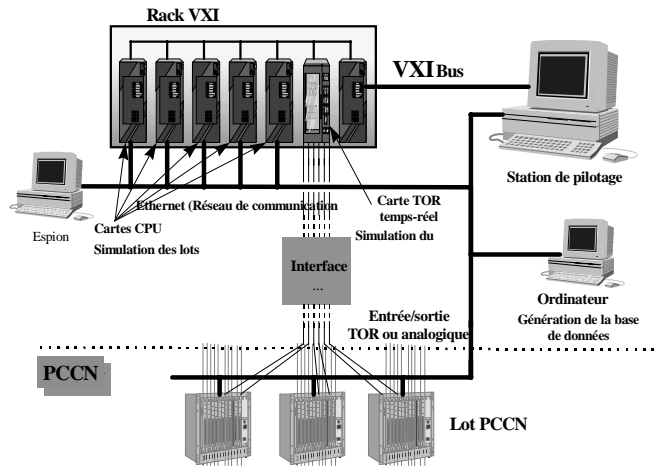


Figure 6 : la plate forme de test

5.3 Une réalisation lourde mais riche

Les options de réalisation retenues permettent non seulement de tester le contrôle-commande développé mais, avant même ces tests, de réaliser un prototypage grandeur nature du contrôle-commande à réaliser. Ceci a été particulièrement efficace pour mettre au point la messagerie (type de message à mettre en œuvre, volume des échanges, etc.).

Ensuite, la même plate-forme va permettre tout d'abord de valider chacun des lots de façon « unitaire », puis de vérifier l'inter-fonctionnement de tous les lots entre eux, par intégration progressive.

On peut souligner que cette problématique n'a finalement rien de spécifique et qu'elle est la même pour de nombreux produits numériques à fonctions réparties.

A partir d'une expérience, EDF a développé une solution qui est ouverte et adaptable à différents besoins. En particulier, le module de communication peut être remplacé par un autre au gré des demandes, et la simulation de divers types de procédé par une simple modification d'équations logiques et le développement d'une interface ad'hoc.

6. Conclusion

Le projet « PCCN - Réalisation » doit aboutir, à partir de l'an 2001, à la mise à disposition des exploitants de EDF des différents lots de contrôle-commande. Ces lots PCCN pourront alors être déployés aussi bien dans les postes existants (pour la rénovation ou l'extension), que dans des nouveaux ouvrages.

L'interopérabilité des différents matériels permettra à l'exploitant de « construire » son poste au rythme qui lui conviendra et avec les matériels de son choix.