

# Impacts de l'interopérabilité sur l'ingénierie des systèmes de contrôle-commandes - Étude de cas

**Ivan Maffezzini**, Institut Trempet, UQAM  
CP 8888 Succ. Centre Ville  
Montréal (QC) H3C 3P8 Canada  
Tél. 1-514-987-3000-6117  
e-mail [Maffezzini.ivan@UQAM.CA](mailto:Maffezzini.ivan@UQAM.CA)

**Pierre Martin, Van Thich Nguyen**  
Ingénieurs, Unité Commande  
Direction Expertise et Support Technique de Transport  
TransÉnergie, division d'Hydro-Québec  
800, boul. de Maisonneuve est, 19e étage,  
Montréal (Qc) H2L 4M8 Canada  
e-mail [Martin.Pierre.L@hydro.qc.ca](mailto:Martin.Pierre.L@hydro.qc.ca)  
[Nguyen.Van\\_thich@hydro.qc.ca](mailto:Nguyen.Van_thich@hydro.qc.ca)

## Abstract

*In 1999, Hydro-Quebec launched a project for the modernization of its Transmission and Distribution Substation Automation System (SAS). One of the fundamental requirements of the new system aims at an increased interoperability between the components of the system in order to reduce the costs of integration of such components. The requirement for conformity with the IEC 61850 standard makes it possible to support this interoperability but is it sufficient? The standard, written by manufacturers, has to be based on flexibility and openness. The payload for this flexibility appears not only in terms of the complexity of the standard and the structure of the IED but also in terms of amplified substation engineering activities. Initially, at Hydro-Quebec, the adoption of this standard forces the system designer to standardize the first applications and to some extent "to close" their implementation. The main issue deals with the parameters settings of the IED. The watchword is to hide the complexity of the standard to the project designer. Meanwhile, at Hydro-Quebec, the gradual adoption of the standard will confirm the role of the system designer as being more a system engineer whereas the project designer will unquestionably have to assimilate the concepts of the standard.*

## Résumé

En 1999, HQ a lancé un projet de modernisation de son système de contrôle-commande (SCC) des postes de transport et de distribution. L'une des exigences fondamentales du nouveau système vise une interopérabilité accrue entre les composantes du système afin de diminuer les coûts d'intégration de telles composantes. L'exigence de conformité avec la norme CEI 61850 permet de soutenir cette interopérabilité mais est-ce suffisant? Cette norme, conçue par les constructeurs de systèmes, se doit donc d'être flexible et ouverte. Ce besoin de flexibilité se paye non seulement en terme de complexité de la norme et de la structure des IED mais aussi en terme d'ingénierie des postes et d'organisation. Dans un premier temps, à Hydro-Québec, l'adoption de cette norme oblige le normalisateur à fixer les premières applications et en quelque sorte à « fermer » sa mise en œuvre. Au cœur de la question : le paramétrage des IED. Le mot d'ordre : cacher la complexité de la norme au configurateur. Et à moyen terme, l'adoption graduelle de la norme ne fera que confirmer le rôle du normalisateur comme s'apparentant à celui d'un ingénieur système alors que le configurateur devra indéniablement assimiler les concepts de la norme.

## Mots clefs

Interopérabilité, CEI-61850, ouverture, contrôle, commande, normalisation.

## 1. LE CONTEXTE

Hydro-Québec (HQ) est la société d'état responsable de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique au Québec. En 1999, HQ a lancé un projet de modernisation du système de contrôle-commande dans ses postes de transport et de distribution [1]. Le système actuel est un système distribué sur un réseau local Ethernet avec les couches 1..4 du modèle OSI normalisées et un protocole d'application maison. L'intégration de nouvelles fonctions y est difficile. Après s'être inspirés de GOMSFE [2], en 2002, les responsables du projet ont décidé de réécrire les spécifications du nouveau système de contrôle-commande (SCC) en se fondant sur la série de normes CEI 61850 [3], normes qui fixent les règles d'interopérabilité pour les IED (*Intelligent Electronic Device*) des postes..

Pour le temps réel, aucune contrainte spéciale, outre l'imposition de la norme, n'a été fixée par HQ, tandis que pour l'ingénierie du poste, une contrainte majeure a été établie : le personnel responsable du paramétrage du SCC ne doit avoir aucune connaissance de la norme CEI 61850 pour exécuter ses travaux. Dans ce qui suit nous parlerons de IED interopérables pour indiquer les IED qui respectent la norme CEI 61850 et quand nous parlerons de protocole, nous ferons référence au protocole d'échange entre les processus d'application et non aux protocoles des couches 1..7 du modèle OSI que nous considérerons conformes à la norme.

À HQ, l'organisation de l'ingénierie du SCC existent à deux niveaux : le niveau normalisation qui fixe les règles invariables pour tous les postes d'HQ et le niveau projet qui adapte le système aux exigences d'un poste en particulier. Le normalisateur HQ et le projeteur sont les intervenants respectifs à ces deux niveaux.

## 2. INTEROPÉRABILITÉ

L'interopérabilité est définie en [4] comme l'une des six (6) sous-caractéristiques de la capacité fonctionnelle et regroupe les attributs de qualité qui concernent la « *capability of the software product to interact with one or more specified systems* ». Cette définition, accompagnée des mesures des attributs d'interopérabilité définies en [5] et [6], peut être d'une certaine utilité pour poser des diagnostics sur la qualité du produit en développement mais n'est pratiquement d'aucune utilité pour la conception système. Pour que l'interopérabilité, comme tout autre exigence de qualité, soit efficace et puisse être l'un des éléments qui pilotent un projet, il faut qu'elle tienne compte de certaines caractéristiques du domaine. Dans le cadre du contrôle-commande des postes de transport et de distribution de l'énergie électrique, pour permettre de construire des IED interopérables, CEI (Comité Electrotechnique International) a créé la norme [3]. En [3] l'interopérabilité est définie comme étant « *ability of two or more IEDs from the same vendor, or from different vendors, to exchange information and use that information for correct execution of specified functions* ». Cette définition, même si, comme la première citée ci-dessus, est encore fort générale, avec le syntagme *l'exécution de fonctions spécifiées* ajoute une information qui peut avoir (et qui a) un impact énorme sur l'ingénierie d'un poste. Les IED ne sont plus considérés comme des éléments monolithiques mais comme des réceptacles pour des fonctions au niveau desquelles on parle d'interopérabilité. Mais quel genre de fonction ? Voilà une question qui est bien loin d'être anodine et dont la réponse, en changeant le niveau de l'interopérabilité, change la complexité d'un projet. On peut en effet réduire l'interopérabilité à quelque chose de très simple (la fonction qu'un IED exécute est « complète » et ne nécessite pratiquement aucune collaboration de la part des autres IED) ou la complexifier énormément (la fonction est en effet une sous-fonction qui a besoin d'autres sous-fonctions qui à leur tour ont des sous-fonctions, etc. pour exécuter une tâche significative pour le domaine). Plus la granularité des fonctions qui peuvent interopérer est petite et plus le système sera flexible. À titre d'exemple, la fonction de commande d'un disjoncteur peut être organisée en plusieurs sous-fonctions qui peuvent être réalisées par plus d'un IED. Dans la norme CEI 61850 il est prévu que la commande des disjoncteurs puisse être réalisée par un, deux ou trois IEDs et le choix du nombre d'IED est laissé à l'ingénierie du poste qui doit être faite par les responsables de l'architecture système. Ce choix implique que les IED doivent pouvoir s'adapter aux exigences architecturales des clients qui installent les sous-fonctions (*logicals nodes* (LN) dans la terminologie de [3]) là où ils le jugent approprié du point de vue de la gestion du poste.

Ce besoin de flexibilité se paye non seulement en terme de complexité de la norme et de la structure des IED mais aussi en terme d'ingénierie des postes et d'organisation. Et ce sont les problèmes d'ingénierie et d'organisation que nous abordons ici.

L'interopérabilité naît souvent comme une exigence des clients qui désirent avoir plusieurs fournisseurs pour pouvoir baisser les coûts d'achat, d'installation et d'entretien de leurs systèmes. Mais, lorsqu'elle est

prise en charge par les constructeurs, elle est nécessairement réorientée pour faciliter la construction. Dans le cas des SCC, la réponse des constructeurs a été une participation massive à la rédaction de la série des normes CEI 61850 où est définie une hiérarchie de classes qui mettent en œuvre un ensemble de fonctions de base, les LN. C'est-à-dire que la norme fixe un noyau fonctionnel qui met en œuvre les fonctions principales d'un poste et d'un SCC mais, surtout, elle normalise l'extension et la modification fonctionnelle pour d'une part ne pas freiner l'évolution technologique et de l'autre pour s'adapter aux exigences spécifiques de chaque client. On normalise dans un IED des fonctions génériques et donc moins spécifiques qui, pour opérer, ont besoin d'une paramétrisation plus ou moins complexe. Cette approche, sans doute la plus logique du point de vue des constructeurs à cette étape-ci de l'évolution technologique, a des impacts pas toujours évidents sur l'organisation et l'ingénierie du client. Le client doit d'une part paramétrer les IED pour les adapter aux règles d'exploitation du poste et d'entretien du SCC et de l'autre paramétrer les IED de constructeur différents pour qu'ils collaborent à l'exécution des fonctions.

Une interoperabilité efficace est donc réalisée en fournissant des machines flexibles et « ouvertes » que le client est censé « fermer » et rendre opérationnelles grâce à des activités de paramétrage. Le paramétrage des IED n'est bien sûr pas une nouveauté liée à l'interopérabilité : depuis toujours les clients adaptent les IED aux caractéristiques des postes à l'aide de paramètres. La nouveauté que l'interopérabilité selon CEI 61850 apporte est une paramétrisation plus complexe à cause des spécificités liées à la sophistication de l'architecture logique établie par la norme.

### 3 PARTAGE DES TÂCHES

#### 3.1 Introduction

Le partage des tâches entre le normalisateur, le projeteur et les constructeurs d'IED est fortement influencé par la contrainte qui établit que les spécificités de la norme [3], à aucun moment, ne doivent compliquer le travail du projeteur. Cette contrainte découle de la tradition d'organisation et d'efficacité d'ingénierie à HQ qui tient en compte les charges reliées à la formation du personnel ainsi que le nombre de postes (transport et distribution) en jeu. Il s'agit donc de cacher au projeteur les caractéristiques des IED qui concernent l'organisation des IED eux-mêmes afin qu'il soient concernés seulement par les fonctionnalités du poste telles que vues par les utilisateurs du SCC. Cacher implique bloquer certains choix que la norme rend possibles en diminuant l'ouverture prévue par les constructeurs. À titre d'exemple, la norme, dans la modélisation de la partie équipement (la partie concernant le procédé), présente un *poste* comme étant constitué de *baies* et, dans la modélisation de la communication des processus d'application, elle prescrit que les LN d'un IED soient contenus dans des dispositifs logiques (LD). La norme ne dit rien sur la manière d'organiser les LD comme elle ne dit rien sur les baies. Les deux « silences » ont un impact différent sur les connaissances pour l'ingénierie du poste. La structure en baies découle assez naturellement de la structure du poste et ne nécessitent pas de connaissances particulières outre celles du domaine du contrôle/commande. L'organisation en LD dépend de connaissances au niveau de la communication et de l'informatique (performances, facilité d'accès aux données, etc.). Dans le cadre d'HQ, il est normal que le projeteur puisse créer les baies, mais il n'est pas pensable qu'il puisse décider de la création des LD, car le concept de LD est directement lié à l'organisation des LN dans les IED, ce qui est fort loin des connaissances du projeteur.

Qui peut donc créer les LD, étant donné qu'ils sont une exigence essentielle pour le paramétrage des IED ?

1. Le constructeur. Cette solution est adéquate dans le cas d'IED avec des fonctionnalités fixes comme les IED de protection, mais elle est difficilement envisageable pour des IED qui ont des fonctions plus générales reliées au contrôle-commande comme un contrôleur de baies englobant plusieurs baies.
2. Le normalisateur. La normalisation des fonctions invariables d'un poste à l'autre a conduit HQ, au moins pour la première version du système, à faire une association automatique entre baie et LD. On a donc introduit une association 1 à 1 entre Baie et LD [5]. Cette association permet de créer facilement les LD à l'aide du programme de support au paramétrage

Mais, si le choix en 2 de cacher le concept de LD est assez facile, il est bien plus difficile de cacher le concept de LN qui est à la base de la norme. Pour voir comment on a simplifié l'ingénierie des postes en « cachant » les LN nous allons analyser les liens fonctionnels entre les LN des IED et le procédé.

#### 3.2 Liaison fonctionnelle des IED au procédé

Le travail principal de paramétrage du projeteur consiste à « lier » les fonctions génériques des IED au procédé. À ce propos nous pouvons considérer trois approches possibles pour définir l'architecture du SCC :

1. Ajout d'un « traducteur » de protocoles. Les IED sont branchés sur le réseau local et dialoguent via un traducteur qui transforme les données d'un IED dans un format compatible pour l'autre et vice versa. C'est une situation très répandue mais qui n'est d'aucun intérêt lorsque l'interopérabilité est une exigence centrale. Parler d'interopérabilité en ce cas est un abus de langage.
2. Les IED sont branchés sur le réseau local et échangent des informations dans le but d'exécuter correctement leurs fonctions. Aucune intervention de la part du projeteur<sup>1</sup>. Il s'agit du cas idéal vers lequel on peut tendre mais qui n'est pas réaliste à l'état actuel de la technologie et de la normalisation car il faudrait non seulement que la sémantique de l'application soit formellement définie mais que les méthodes de gestion du poste (les règles du client) soient normalisées en dehors de l'entreprise même.
3. Les IED sont branchés sur le réseau local et doivent subir des modifications afin qu'ils puissent interopérer. Nous parlerons dans ce cas de systèmes interopérables ouverts.

Nous ne considérerons dans la suite que le troisième cas. Nous ne considérerons pas le premier car il s'agit d'une solution qui ne tient pas compte de l'exigence d'interopérabilité à l'intérieur des IED-mêmes. Le deuxième ne sera pas étudié car il n'est d'aucun intérêt pratique (à moins de se limiter à un seul constructeur, ce qui va à l'encontre de la définition d'interopérabilité de [3]). Nous ne considérons non plus une situation d'interopérabilité sans aucune utilité pratique pour la gestion du poste même si elle respecte la lettre de la norme : la situation où un IED répond à tous les messages qui ne sont pas des simples lectures avec la réponse « je ne peux pas le faire ».

Dans ce qui suit nous considérons donc les tâches qui s'ajoute aux tâches usuelles (celles pour préparer le système de contrôle-commande actuel) pour rendre interopérables des IED ouverts.

### 3.3 Tâches des constructeurs

Il est possible de déléguer le paramétrage aux constructeurs qui reçoivent de la part des clients les spécifications du poste. Il s'agit d'une approche clef en main, mais qui est difficilement compatible avec une interopérabilité ouverte faisant intervenir plusieurs constructeurs. HQ a fait le choix d'acheter les IED les plus ouverts possible et de faire le travail d'intégration (adaptation/paramétrage) à l'intérieur. Les IED de contrôle-commande sont donc livrés comme des IED génériques sans lien avec les équipements du poste.

### 3.4 Tâches du normalisateur

La figure du normalisateur HQ est centrale non seulement parce qu'elle permet de créer des SCC et des IED normalisés mais aussi parce qu'étant le seul à connaître la norme, il a la responsabilité de fixer tout ce qui, dans la norme, n'est pas directement lié au processus d'application.

On peut considérer deux tâches principales du normalisateur : la première consiste en la description des équipements et des postes et de leur associations avec les LN et la deuxième en l'ensemble des opérations nécessaires pour cacher la norme aux yeux du projeteur :

- 1) **Modéliser.** Il s'agit de décrire les LN du poste en tenant compte des contraintes imposées par CEI. Cette modélisation doit permettre d'intégrer les règles et les objets propres à HQ [7]. Dans le cas d'HQ ce travail a permis de rédiger une spécification [8] qui est l'entrant principal pour la conception des bases de données.
- 2) **Normaliser les noms des signaux.** Établir une manière de nommer les signaux d'une façon cohérente avec la norme tout en gardant les noms du système actuel afin que le projeteur ne voit pas de changement pas rapport au système actuel.
- 3) **Console système.** Définir les caractéristiques d'une console système qui permet d'intégrer les IED des différents constructeurs.

---

<sup>1</sup> On ne considère pas la mise à jour des adresses de communication qui, même si elle peut être moins immédiate que prévu, est toujours quelque chose de « simple » par rapport à l'interopérabilité au niveau des processus d'application.

- 4) **Type de paramétrage.** Choisir entre ce qui est fixé par paramétrage hors ligne et ce qui peut être paramétrisé en ligne (la norme donne une flexibilité en TR qui doit être limitée si on ne veut pas compliquer à l'excès certain IED<sup>2</sup>).
- 5) **Homologuer les IED.** Homologuer certains IED qui respectent la modélisation en 1 de manière telle que le paramétrage se réduise pratiquement à la copie des données de l'IED homologué.
- 6) **Normaliser les baies types.** Normaliser certaines baies (surtout de distribution) de manière telle que la normalisation d'un poste complet (poste de distribution) soit éventuellement possible.

#### 4.3 Tâches du projeteur

Le travail du projeteur ne doit théoriquement pas changer par rapport aux travaux de paramétrage du système actuel. Pour ce faire, il faut que la console système permette d'automatiser un certain nombre de tâches. Dans le cadre d'un projet particulier, les tâches caractéristiques du projeteur sont :

- 1) **Appliquer l'utilisation des baies et fonctions (LN) normalisées.**
- 2) **Appliquer l'utilisation des IED homologués.** Les LD et les LN sont alloués à des IED homologués.
- 3) **Configuration automatique.** Ex : reportages, datasets, logs.

#### 4.4 Conclusion

Le fait que les constructeurs n'interviennent pratiquement pas dans l'activité de paramétrage et que la tâche du projeteur ne change pas, même si le paramétrage devient beaucoup plus compliqué, n'est possible que parce que la tâche du normalisateur a énormément changé. D'une part il y a eu l'ajout de nouvelles activités et de l'autre le champ de connaissance du normalisateur a dû se déplacer vers les problèmes de communication et de génie logiciel. Mais, sans mécanismes d'automatisation, ces nouvelles tâches auraient été trop lourdes et peu fiables. C'est pour faciliter le travail du normalisateur et conséquemment du projeteur que nous avons introduit une base de données de normalisation comme centre de stockage des contraintes de fermeture qu'HQ impose aux IED.

#### 5 BASE DE DONNÉE DE NORMALISATION (BDN)

Toutes les données qui décrivent le poste et les IED sont stockées dans une base de données de configuration (BDC) qui est sous la juridiction du projeteur. Cette base de données contient les données qui décrivent un poste et qui sont nécessaires pour préparer les fichiers XML à charger dans les consoles pour paramétrer les IED. Le contenu de la BDC provient en partie des données du projet et en partie d'une base de données de normalisation (BDN). Les fonctions principales de la BDN sont :

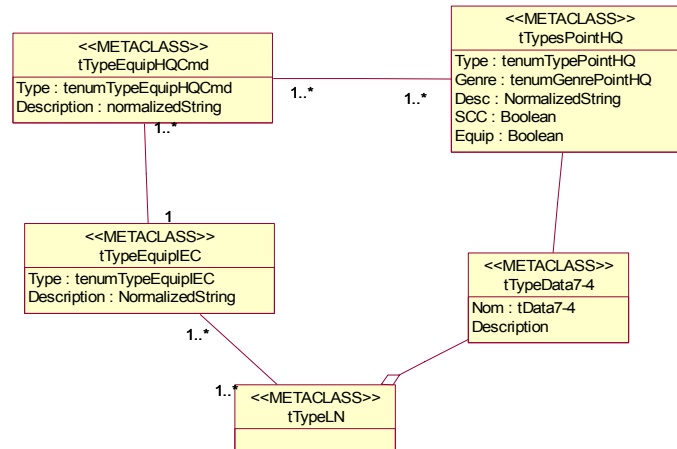
- 1) Fixer des limites aux choix du projeteur et ceci :
  - a. pour les caractéristiques des équipements
  - b. pour les caractéristiques de communication.
- 2) Stocker toutes les énumérations de la norme pour faciliter le travail des applications de la console système.
- 3) Établir des liens entre les données du procédé et les données normalisées par CEI 61850.

Nous montrerons l'importance de la BDN pour l'ingénierie des postes en considérant une facette de la troisième fonction.

À titre d'exemple, la figure suivante montre le modèle conceptuel qui relie les métaclasse de la BDN concernant les différents types de points.

---

<sup>2</sup> Cette flexibilité est par contre fort utile et même nécessaire lorsque l'on veut ajouter un nouveau client générique qui entend recevoir des informations des IED pour en faire un traitement spécial pas nécessairement lié aux fonctions de base du poste.



**Fig. 1 : association entre les types des points**

*tTypePointHQ* définit les caractéristiques des différents « points » (entrées numériques, entrées analogiques et sorties numériques) du système actuel qui sont liés à des types d'équipement d'Hydro Québec vus du point de vue de la commande (*tTypeEquipHQCcmd*). Les types d'équipement de la commande sont associés au type d'équipement de la norme (*tTypeEquipIEC*). *tTypeEquipIEC* sont à leur tour associés à un type de LN (*tTypeLN*) qui contient les données définies dans la norme mises en correspondance avec les types de points du système actuel.

Ce modèle conceptuel a été simplifié lors de la conception de la BDN en créant une table servant à l'association directe entre les types de point du système actuel et le type de LN et le type de point de la norme.

**Tableau 1 – Association point HQ avec point IEC**

Nom	Description	Source
TypePoint	T-TypePointHQ.Type	T-TypePointHQ.Type
TypeData	T-TypeEquipHQCcmd.Type	T-TypeDataCEI-7-4.Type
TypeLN	T-TypeLN.Type	T-TypeLN.Type

Cette table permet au logiciel de la console système de montrer au projeteur les points du vieux SCC et de générer automatiquement les informations qui concernent les nouveaux points tels que vus par la norme [3].

## 6 Conclusion

Pour terminer cette communication, nous formulerons un certain nombre de questions avec, parfois, des ébauches de réponses et en faisant une proposition de modélisation des liens entre ouverture des IED et interopérabilité que nous souhaitons approfondir dans le futur.

Quel peut être l'impact de l'approche prévue pour les postes de distribution lorsqu'on l'applique au contrôle-commande des postes de transport qui de par leur nature sont plus difficilement « normalisable » ? Est-ce que les normalisateurs seront à même de gérer la base de données de normalisation et de garder à jour la structure et non seulement le contenu ? Si la réponse à cette question est négative, il faudra donner une position centrale à un autre type d'intervenant (ingénieur du logiciel) qui ne ferait que remplacer le constructeur que l'on a donc inutilement « chassé » du projet.

La contrainte qui impose que le projeteur ne doit rien connaître de la norme n'est-elle pas trop forte ? Si oui, comment pourra-t-il partager la gestion de la base de données de normalisation ? Quelle partie de la tâche du normalisateur lui revient-elle ?

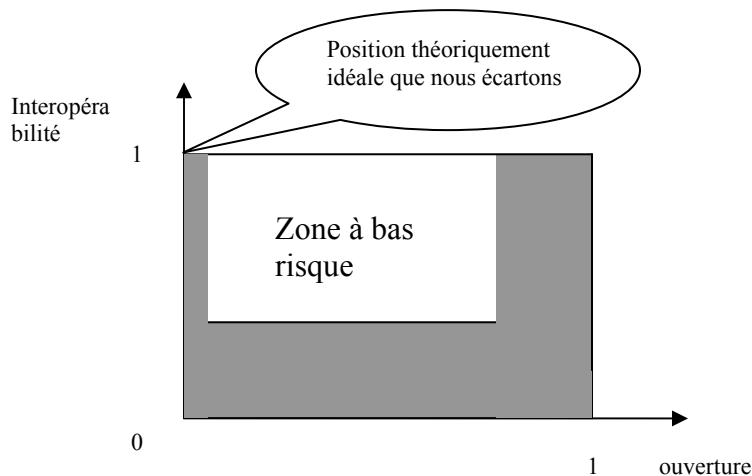
Actuellement, à HQ, une base de données qui contient les données d'une installation est considérée comme un dessin d'ingénierie et elle appartient au responsable de l'installation. Est-ce encore acceptable si l'on introduit une BDN ?

Toutes ces questions n'ont pas de réponses faciles, mais ce qui nous semble envisageable, à l'état actuel de la normalisation de l'interopérabilité, c'est que le normalisateur acquiert des connaissances plus approfondies dans le domaine des bases de données et de la communication et que le projeteur, lentement, commence à apprendre les concepts de la norme IEC 61850. De cette manière, l'ingénierie des postes, qui actuellement semble échapper au contrôle des projeteurs, pourrait retourner entre leurs mains et le normalisateur pourrait avoir une tâche plus proche de celle d'un ingénieur système.

Pour que l'ingénierie des postes ne réserve pas des mauvaises surprises (coûts de paramétrage et de développement d'application beaucoup plus élevés que prévu) nous proposons d'analyser les interactions entre ouverture des IED (en bref la quantité d'adaptations possibles) et leur interopérabilité.

En suivant [5], nous considérons la valeur de l'attribut d'interopérabilité comme un rapport  $Y = A / B$  où  $A =$  Nombre de formats de données échangés correctement avec d'autres IED et  $B =$  Nombre total de formats de données échangés. L'interopérabilité idéale vaut donc 1. Nous définissons l'ouverture comme un rapport  $X = C/B$  où  $C =$  Nombre d'adaptations aux formats de données échangés et  $B =$  Nombre total de formats de données échangés. L'ouverture idéale vaut donc 0. L'ouverture telle que définie ici est proportionnelle aux coûts de paramétrage.

Dans la figure, nous avons représenté en gris les zones à risque. Lorsque l'interopérabilité est inférieure à un certain seuil, quelle que soit l'ouverture, le système est inacceptable. Même chose lorsque l'ouverture est supérieure à un certain seuil, car les coûts de paramétrage deviennent trop élevés. Nous avons aussi considéré comme zone inacceptable celle qui a une très grande ouverture ( $X$  tend vers 0), même si la situation Interopérabilité = 1 et ouverture = 0 est la situation idéale. Nous l'avons considérée comme une zone à risque car le moindre changement des exigences peut perturber considérablement l'interopérabilité.



Enfin, nous aimerions ajouter que le fait qu'un système soit ouvert et adaptable aux exigences changeantes des utilisateurs n'est pas positif en soi, comme on l'affirme trop souvent. C'est positif seulement si les coûts des travaux d'adaptation réalisés par le client sont inférieurs au prix demandé par les constructeurs, pour la « fermeture » des IED. Mais la tendance des clients à sous-évaluer leurs coûts empêche souvent de faire le bon choix. Une des manières pour diminuer le risque de coûts de fermeture des IED trop élevés c'est de doter le projeteur d'outils qui automatisent une partie du paramétrage. Mais ces outils, lorsqu'ils sont très sophistiqués, ont un coût de développement non négligeable par rapports aux coûts du développement des IED.

## 7 Références

- [1] GTPNA 2, *RE-C-99-04: Rapport final de la phase de planification*, Hydro-Québec, juillet 1999.
- [2] EPRI, *Generic Object Models for Substation & Feeder Equipment (GOMSFE) Version 0.91a*.
- [3] IEC, IEC-61850 Standard series : *Communication Networks and Systems in Substations*.
- [4] ISO/IEC 9126-1 2001, *Software engineering – product quality- Part 1 Quality Model*.
- [5] ISO/IEC TR 9126-2 2003, *Software engineering – product quality- Part 2 External metrics*.
- [6] ISO/IEC TR 9126-3 2003, *Software engineering – product quality- Part 3 Internal metrics*.
- [7] Ursula Alexandrovna, Alice Premiana : *Substation Control and Monitoring - Interoperability Centered Multi-Modelling ICSSEA-2002*.
- [8] Ivan Maffezzini, Pierre Martin, Van Thich Nguyen : *SFE095 SCC Modélisation des équipements*, Hydro-Québec, juin 2003.