

Objectifs visés par le projet

PREUVE EN CHEF DU TRANSPORTEUR

TABLE DES MATIÈRES

1	HISTORIQUE	5
1.1	Remise à neuf et modernisation des compensateurs synchrones.....	5
1.2	Réduction du niveau de bruit.....	6
2	OBJECTIFS VISÉS PAR LE PROJET.....	7
2.1	Remise à neuf et modernisation des compensateurs synchrones.....	7
2.2	Réduction du niveau de bruit.....	10
	Figure 1 – Emplacement géographique du poste de Lévis	8
	Tableau 1 – Liste des compensateurs synchrones	9

Annexes

Annexe A	Plan de redressement des compensateurs synchrones (1995)
Annexe B	Photo aérienne du poste de Lévis

1 **1 HISTORIQUE**

2 **1.1 Remise à neuf et modernisation des compensateurs**
3 **synchrones**

4 Le Transporteur s'est donné des critères de pérennité afin de planifier ses
5 interventions dans les installations du réseau de transport. Les principaux
6 éléments qui s'appliquent au projet du poste de Lévis sont :

- 7 • Les critères de pérennité;
8 • Un état diagnostiqué.

9 Parmi les critères de pérennité, on retrouve : l'âge des équipements , le type de
10 technologie, la fiabilité, la disponibilité des pièces de rechange, la sécurité,
11 l'environnement, le nombre de fuites (ex.: air, hydrogène, huile). Ces critères
12 servent de déclencheurs pour démarrer le processus de réalisation d'un projet de
13 pérennité. De plus, l'envergure exacte de tout projet de remise à neuf d'un
14 équipement est définie et encadrée à l'aide d'un guide de remise à neuf pour les
15 appareils conventionnels ou d'une étude de pérennité pour les systèmes plus
16 complexes. Ces documents sont les principaux intrants à la rédaction du cahier
17 des charges, tel que plus amplement décrit au Processus de réalisation d'un
18 projet sur le réseau de transport, déposé comme pièce HQT-3, Document 1.

19 Par ailleurs, il est utile de situer les différents événements qui ont menés à la
20 formation d'un comité responsable d'identifier les mesures correctives à apporter à
21 tous les compensateurs synchrones (les "CS") du réseau de transport.

- 22 • 1972 à 1980 : Ajout des CS sur le réseau de transport;
- 23 • 1978 : Déflagration dans un des CS ayant entraîné des blessures à un
24 employé. Depuis ce temps, deux autres incidents similaires se sont
25 produits;

- 1 • 1989 : Avis de non-conformité émis par la CSST concernant la tuyauterie
2 de l'armoire des gaz;
- 3 • 1989 à 1994 : Les arrêts forcés représentaient une moyenne de 4
4 arrêts/CS/année;
- 5 • 1994 : Avis de non-conformité émis par le ministère du Travail ordonnant
6 l'arrêt des CS du poste Manicouagan et la réalisation de travaux
7 prioritaires;
- 8 • 1995 : Formation d'un comité ayant comme mandat la préparation d'un
9 Plan de redressement de tous les CS;
- 10 • 2000 : Moratoire sur les projets de remises à neuf déjà en cours. La
11 remise à neuf du troisième et dernier CS du poste Duvernay devant servir
12 de projet pilote aux projets à venir; et
- 13 • 2003 : Préparation du cahier des charges définissant l'envergure des
14 travaux à réaliser aux CS du poste de Lévis.

15 Le *Plan de redressement des compensateurs synchrones (1995)* constitue la
16 première étape du processus de réalisation d'un projet tel que décrit à la pièce
17 HQT-3, Document 1. Ce document est joint au présent document comme Annexe
18 A.

19 **1.2 Réduction du niveau de bruit**

20 Depuis 1993, Hydro-Québec a reçu un total de neuf plaintes (juillet 2002) reliés au
21 bruit généré par les appareils du poste de Lévis. La majorité de ces plaintes ont
22 été déposées par les résidents des quartiers limitrophes situés au sud et au nord
23 du poste. En 1994, des mesures ponctuelles de réduction du bruit ont été prises
24 en périphérie du poste à quatre endroits. A ce moment, le niveau de bruit pendant
25 la nuit se situait entre 38 et 47 dBA. À Hydro-Québec, la norme de bruit pour un
26 secteur résidentiel est de 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit.

1 Depuis le 1^{er} janvier 2002, l'ancienne ville de Saint-Jean-Chrysostome est
2 devenue un arrondissement de la nouvelle ville de Lévis qui regroupe dix
3 municipalités. Le quartier de Saint-Jean-Chrysostome a connu la plus importante
4 croissance de population; sa population a presque doublé en quinze ans. Deux
5 quartiers résidentiels sont situés à proximité du poste de Lévis. Le premier, situé
6 au nord du poste, date du milieu des années 1970. Un parc de maisons mobiles
7 longe la propriété d'Hydro-Québec. Dans les années 90, des maisons
8 unifamiliales se sont ajoutées. Plus au nord, des deux côtés de la rue
9 Commerciale, s'étend le noyau villageois de Saint-Jean-Chrysostome. C'est la
10 partie la plus densément peuplée et une partie du quartier est située sur un
11 monticule ce qui expose les résidents aux bruits en provenance du poste de Lévis.
12 Le second quartier est situé au sud du poste. Il a vu le jour à partir de 1994 et
13 compte approximativement 200 résidences et est toujours en développement
14 dans sa partie la plus au sud. Cette dernière zone est boisée et on y construit
15 actuellement de luxueux cottages. Une photo aérienne du poste et des zones
16 environnantes est présenté à l'Annexe B du présent document.

17 Les principales sources de bruit continu sont les transformateurs, les inductances
18 shunts et les compensateurs synchrones. Le poste de Lévis compte onze
19 transformateurs de puissance, six inductances shunt et deux compensateurs
20 synchrones. A cela, s'ajoute les sources ponctuelles telles que les disjoncteurs à
21 air. Le poste compte plus de 47 disjoncteurs de ce genre.

22 **2 OBJECTIFS VISÉS PAR LE PROJET**

23 **2.1 *Remise à neuf et modernisation des compensateurs*** 24 ***synchrones***

25 Le projet de remise à neuf et de modernisation des compensateurs synchrones
26 du poste de Lévis s'inscrit dans la catégorie "Maintien des actifs". Cette catégorie
27 regroupe les investissements rendus nécessaires afin d'assurer la pérennité des
28 installations du Transporteur et c'est dans cette optique que le Transporteur
29 présente ce projet de remise à neuf et de modernisation.

30 La figure 1 ci-dessous indique l'emplacement géographique du poste de Lévis.

1 **Figure 1 – Emplacement géographique du poste de Lévis**



2

1 Tel qu'il appert du tableau 1 suivant, le réseau de transport compte neuf
2 compensateurs synchrones.

3 Tableau 1 – Liste des compensateurs synchrones

Installation	Nombre de CS	Puissance
Abitibi	2	-200/+300 Mvar
Duvernay	3	-200/+300 Mvar
Lévis	2	-200/+300 Mvar
Manicouagan	2	-200/+300 Mvar

4

5 Depuis 1978, différents comités ont été mis sur pied pour identifier tous les
6 problèmes liés à la sécurité, à la fiabilité, à la maintenabilité et aux respects des
7 normes et de proposer les mesures correctives nécessaires. Plusieurs
8 corrections prioritaires pour la sécurité ont été apportées à tous les CS au fil des
9 ans. Maintenant, l'expérience acquise par le Transporteur l'amène à adopter une
10 approche plus globale axée davantage sur la pérennité des appareils et de ses
11 systèmes auxiliaires. Le Transporteur est d'avis que le projet proposé, en plus
12 d'implanter les mesures correctives identifiées précédemment, prolongera la vie
13 utile des équipements d'environ trente (30) ans en plus d'en améliorer la sécurité
14 et la fiabilité.

15 A ce premier volet de remise à neuf s'ajoute également une modernisation pour
16 satisfaire aux exigences actuelles de conception, de téléconduite et de
17 maintenance. En effet, le projet de remise à neuf et de modernisation des CS du
18 poste de Lévis fait suite à un projet semblable touchant les trois compensateurs
19 synchrones du poste Duvernay. L'expérience acquise lors de ce projet a pu être
20 transposée pour les CS du poste de Lévis. Toutes ces exigences et particularités
21 ont été consignées et transmises à la division Hydro-Québec Équipement (HQÉ),
22 responsable de l'exécution du projet, à l'aide d'un cahier des charges, tel qu'il

1 appert du processus de réalisation d'un projet sur le réseau de transport, déposé
2 comme pièce HQT-3, Document 1 de la présente demande.

3 L'expertise technique dans ce domaine étant plutôt rare et afin de permettre la
4 réalisation de ce projet dans les meilleurs délais, HQÉ entend faire appel à la
5 même équipe d'ingénierie et confiera une partie des travaux critiques à la même
6 équipe que lors du projet de remise à neuf des CS du poste Duvernay. La pièce
7 HQT-6, Document 1 fournie davantage de détails à cet égard.

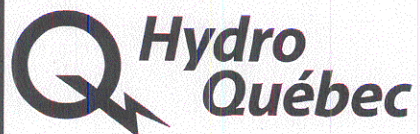
8 Finalement, le projet de remise à neuf et de modernisation des CS débutera en
9 2005 pour se terminer en 2008. Chacun de ces appareils sera retiré du réseau, à
10 tour de rôle, en 2007 et 2008, pendant un certain temps pour en faire la remise à
11 neuf.

12 **2.2 Réduction du niveau de bruit**

13 L'engagement du Transporteur dans le dossier de réduction du niveau de bruit
14 remonte au mois de mars 2001 lorsque la Ville de Saint-Jean-Chrysostome
15 adressa une plainte écrite demandant ce qu'Hydro-Québec entendait faire pour
16 corriger cette situation. En novembre 2001, Hydro-Québec déposa son plan
17 d'actions qui prévoit une modélisation des sources de bruit et l'identification des
18 moyens d'atténuation possibles. De plus, Hydro-Québec s'est engagée à faire un
19 suivi des actions deux fois par année. Le principal objectif du projet lié à la
20 réduction du bruit est l'engagement du Transporteur à ce que la situation ne se
21 détériore pas davantage et qu'il cherchera à limiter ou à réduire le niveau de bruit
22 lors de projets de remplacement, d'ajout ou de remise à neuf d'équipements.

23 Enfin, l'implantation des moyens d'atténuation du bruit sur les transformateurs
24 T31/T32 et sur les moteurs des compensateurs synchrones CS31/CS32 sera
25 coordonnée avec les retraits d'équipements du projet de remise à neuf des
26 compensateurs synchrones.

Annexe A
**Plan de redressement des compensateurs
synchrones (1995)**



MAINTENANCE DES
ÉQUIPEMENTS ET
SÉCURITÉ DES
BARRAGES

Service Maintenance-Production

DIVISION TURBINES-ALTERNATEURS

**PLAN DE REDRESSEMENT
DES
COMPENSATEURS SYNCHRONES
1995**

Octobre 1995 (REV. 2)

Dépôt

**Plan de redressement des
compensateurs synchrones
1995**

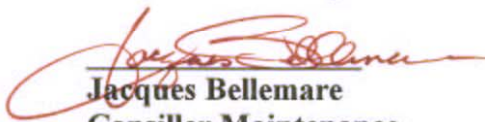
présenté à

Secteur Maintenance-Transport Mauricie,
Secteur Maintenance-Transport Mirabel, Maisonneuve
Secteur Maintenance-Transport, Saguenay
Secteur Maintenance-Transport, Manicouagan.

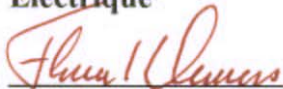
par

Division Turbines-Alternateurs
Service Maintenance Production
Direction M.É.S.B.

Responsables du plan:

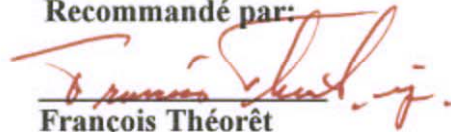


Jacques Bellemare
Consiller Maintenance
Électrique

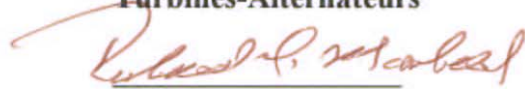


Florent Demers
Conseiller Maintenance
Mécanique

Recommandé par:



François Théorêt
Chef de division
Turbines-Alternateurs



Richard Marshall
Chef de service
Maintenance Production

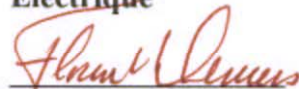


Gilles Bellemare
Directeur
M.É.S.B.

Document préparé par:



Jacques Bellemare
Consiller Maintenance
Électrique



Florent Demers
Conseiller Maintenance
Mécanique

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION.....	.....
2.0	LISTE DES PARTICIPANTS .....	.....
3.0	SOMMAIRE DU RAPPORT .....	.....
4.0	EXPLICATION DE LA DÉMARCHE UTILISÉE .....	.....
5.0	ÉLABORATION DU MANDAT ET FORMATION DU GROUPE DE TRAVAIL .....	.....
5.1	But du mandat.....	.....
5.2	Actions proposées .....	.....
6.0	ANALYSE FACTUELLE.....	.....
6.1	Rôle des compensateurs synchrones.....	.....
6.2	Besoins d'améliorations d'exploitation.....	.....
6.3	Groupe de travail Automatismes.....	.....
6.4	Groupe de travail Appareillage.....	.....
6.4.1	Préoccupations en rapport à l'équipement .....	.....
6.4.1.1	Problèmes reliés au respect des lois et normes.....	.....
6.4.1.2	Problèmes reliés à la présence d'hydrogène.....	.....
6.4.1.3	Problèmes de conception.....	.....
6.4.1.4	Problèmes reliés à l'exécution des réfections.....	.....
6.4.2	Préoccupations en rapport au vécu dans les secteurs	.....
6.4.2.1	Sécurité.....	.....
6.4.2.2	Ergonomie .....	.....
6.4.2.3	Fiabilité.....	.....
6.4.2.4	Cohérence entre les installations .....	.....
6.4.2.5	Modernisation des équipements et des systèmes.....	.....
6.5	Orientation des attentes .....	.....
6.5.1	Évaluation de la pertinence d'une équipe projet .....	.....
6.5.2	Tableau de conversion des attentes en caractéristiques .....	.....
6.5.3	Tableau de conversion des caractéristiques en spécifications....	.....
6.6	Outils d'évaluation de la situation actuelle .....	.....

TABLE DES MATIÈRES

6.7	Orientations du plan de redressement
6.7.1	Respect des lois & règlements.....
6.7.1.1	Installation d'appareils vs hydrogène.....
6.7.1.2	Protection contre l'incendie.....
6.7.1.3	Certification des compensateurs comme vaisseau sous pression.....
6.7.2	Remise à neuf / modernisation
6.7.2.1	Généralités.....
6.7.2.2	L'Armoire des gaz.....
6.7.2.3	Flasques, paliers et joints d'étanchéité.....
6.7.2.4	Rotor-stator.....
6.7.2.5	Système de refroidissement.....
6.7.2.6	Système de lubrification.....
6.7.2.7	Rampe d'hydrogène et dépôt de CO ₂
6.7.2.8	Équipements électriques
6.7.2.9	Système d'acquisition de données.....
6.7.2.10	Conclusion sur les remises à neuf / modernisations.....
6.7.3	Plans d'urgence
6.7.4	Ingénierie.....
6.7.5	Contrôle et suivi
6.7.6	Conclusion de l'analyse factuelle.....
7.0	ÉLABORATION ET PROPOSITION DU PRODUIT.....
7.1	Respect des lois et règlements.....
7.1.1	Certification comme appareils sous pression.....
7.1.2	Installation d'appareillage électrique vs hydrogène.....
7.1.2.1	Emplacement A - Armoire des gaz.....
7.1.2.2	Emplacement B - Capotage et tunnel d'accès
7.1.2.3	Emplacement C - Compartiment du collecteur
7.1.2.4	Emplacement D - Bâtiment de commande.....
7.1.2.5	Emplacement E - Bâtiment de démarrage.....
7.1.2.6	Autre emplacement - Armoire de neutre
7.1.2.7	Compartiment pompe et paliers.....
7.1.2.8	Salle des batteries
7.1.2.9	Général

TABLE DES MATIÈRES

7.3 - Automatismes.....	
7.3.1 - Recommandations à court terme.....	
7.3.1.1 Commande.....	
7.3.1.2 Protection.....	
7.3.1.3 Régulation.....	
7.3.1.4 Auxiliaire.....	
7.3.2 - Recommandations à long terme.....	
7.3.2.1 Commande.....	
7.3.2.2 Protection.....	
7.3.2.3 Régulation.....	
7.3.2.4 Auxiliaire.....	
7.4 - Plans d'urgence.....	
7.5 - Ingénierie.....	
7.6 - Contrôle et suivi.....	
8.0 ÉCHÉANCIER ET ESTIMATION DES COÛTS.....	
8.1 - Échéancier proposé.....	
8.2 - Estimation budgétaire.....	
8.2.1 Ingénierie.....	
8.2.2 Sécurité des compensateurs.....	
8.2.3 Remise à neuf des compensateurs.....	
8.2.4 Modernisation.....	
8.2.5 Automatisation.....	
8.3 - Résumé des estimations budgétaires	
9.0 CONCLUSION.....	

1.0 INTRODUCTION

Les neuf compensateurs synchrones installés sur le réseau de transport ont toujours eu une liste importante d'anomalies de conception et de construction, depuis leur mise en service de 1972 à 1980.

À partir de 1978, différents groupes de travail ont été formés pour résoudre les problèmes de fiabilité et de sécurité. Plusieurs mesures correctives ont été appliquées; la situation a été améliorée de beaucoup.

Cependant, il demeure toujours de l'incertitude sous l'aspect sécurité. L'utilisation de l'hydrogène exige des précautions particulières et des installations spéciales qui ne sont pas entièrement complétées. L'absence de vision globale nous a toujours empêché d'amener ce dossier à terme.

De plus, les installations ont vieilli; de nouvelles réglementations nous obligent à faire des modifications et à faire certifier nos appareils; de nouveaux besoins sont exprimés par l'exploitant qui vise à téléconduire ces installations. Nous devons donc automatiser davantage les différents systèmes reliés aux compensateurs pour les rendre plus efficaces.

Pour toutes ces raisons, un nouveau mandat a été approuvé, en octobre 1994, pour préparer un plan de redressement complet, incluant toutes les disciplines. Ce plan vise à régler tous les problèmes de fiabilité et de sécurité, répondre aux nouveaux besoins, et ceci, sur un horizon de vingt ans.

2.0 LISTE DES PARTICIPANTS

RESPONSABLE DU MANDAT: JEAN-MARC PERRON

MEMBRES DU GROUPE APPAREILLAGE

Jean-Marc Perron, responsable de l'équipe électrique
Florent Demers, responsable de l'équipe mécanique
Robert Guay
Renaud Chabot
Jean-François Simard
Rémi Jean
Alain Fortin
Régis Tremblay
Richard Roy

Direction MESB
Direction MESB
Région Mauricie
Région Mauricie
Région Manicouagan
Région Manicouagan
Région Saguenay
Région Saguenay
Région Maisonneuve

MEMBRES DU GROUPE AUTOMATISMES

Marc Soulières, responsable de l'équipe automatisme
Serge Bolduc
Jean-Paul Dubé
Raymond Thibert
Georges Gagné
Gilles Simard

Direction MESB
Région Saguenay
Région Manicouagan
Région Maisonneuve
Région Mauricie
Région Manicouagan

GROUPE AD HOC, BESOINS D'AMÉLIORATION

Jean-Marc Perron
Florent Demers
Marc Soulières
Roger Lupien
Gérard Boucher
Claude Francis

PERSONNES RESSOURCES

Pierre Gervais
Paul Ménard
Jacques Caron
Phat Vinh Nguyen
Jacques Bellemare, remplacement du responsable du mandat (juin '95)

3.0 SOMMAIRE DU RAPPORT

Ce document présente les résultats des travaux d'un groupe de travail qui a reçu le mandat de préparer un plan de redressement pour améliorer la sécurité et la fiabilité des neuf compensateurs synchrones installés dans quatre postes de transport du réseau Hydro-Québec. On y explique le déroulement du mandat et on y présente une série de recommandations pour régler tous les sujets problématiques, sur un horizon de vingt ans.

Dans un premier temps, les attentes des clients ont été établies avec des représentants de Conduite du réseau, Automatismes, Direction MESB et Exploitation en région. L'importance des compensateurs synchrones en bon état y est apparue comme un élément essentiel au bon fonctionnement du réseau.

Les groupes de travail ont tenu leurs rencontres de février à mai 1995: un groupe Appareillage et un groupe Automatismes. Tous les sujets identifiés en problème ont été discutés. De plus, les mesures correctives déjà appliquées ont été analysées et retenues lorsqu'efficaces.

Des études ont été confiées à des groupes internes et externes pour certains sujets plus spécialisés, surtout en ce qui a trait au respect des lois et règlements.

En s'inspirant des attentes des clients, des réunions des groupes de travail, du résultat des différentes études et des discussions avec les spécialistes à la direction MESB, nous faisons les recommandations suivantes touchant les aspects sécurité et fiabilité sous les grands thèmes suivants:

- *Respect des lois et règlements*

L'obtention de la certification comme appareils sous pression des C.S., l'application de mesures équivalentes au code de l'électricité dans les installations des C.S. et la mise à niveau de la protection contre l'incendie et de la détection d'hydrogène.

- *Remise à neuf/modernisation*

La remise en état et la modernisation de tout l'appareillage des compensateurs pour leur redonner une vie utile de vingt ans et prévoir leur téléconduite.

- *Automatismes*

L'application des orientations touchant l'entretien à court terme, réparations, entretien, formation, etc. et les actions à long terme, dont le remplacement des commandes, des régulateurs de tension, etc.

Les autres recommandations concernent la révision des plans d'urgence, les besoins d'une ingénierie avec une vision d'ensemble, et finalement, la nécessité d'établir un mécanisme de contrôle et de suivi pour la qualité et la quantité des travaux.

Le coût total prévu pour l'ensemble du plan de redressement est de 39,2 M \$ pour les neufs compensateurs. La répartition des coûts est la suivante:

- Ingénierie:	1,9 M \$
- Sécurité:	7,4 M \$
- Remise à neuf/Modernisation:	20,9 M \$
- Automatismes:	9,0 M \$

4.0 EXPLICATION DE LA DÉMARCHE

Les pages qui suivent résument les activités d'un groupe de travail formé à l'automne 1994 pour préparer un plan de redressement visant à améliorer la sécurité et la fiabilité des neufs compensateurs synchrones du réseau.

Dans les grandes lignes, la démarche poursuivie est celle proposée dans le guide du groupe Qualité sur les comités et groupes de travail. Les principales étapes ont été les suivantes:

- 5.0 Élaboration du mandat et constitution du groupe de travail (étape 1)
- 6.0 Analyse factuelle (étape 2)
- 7.0 Élaboration et proposition du produit (étape 3)
- 8.0 Finalisation et dépôt (étape 4)

À chacune des étapes nous traiterons en détail du mode de fonctionnement et de consultation ainsi que du contenu technique associé à l'évaluation des compensateurs synchrones.

5.0 ÉLABORATION DU MANDAT ET FORMATION DU GROUPE DE TRAVAIL

Étape 1

Pour faire suite à la demande des régions, un mandat préliminaire a été préparé et proposé au COGE du groupe PTT, sous le parrainage de M. Roger Bérubé. La version finale du mandat a été approuvée le 20 octobre 1994¹

5.1 But du mandat

Fournir un plan de redressement afin d'assurer un maximum de fiabilité et de sécurité reliées à l'exploitation et à la maintenance des compensateurs synchrones pour les vingt prochaines années.

5.2 Actions proposées

Formation d'un groupe de travail dirigé par un responsable de la division Turbines-Alternateurs du service Maintenance Production. Ce groupe se composera d'une équipe de spécialistes des disciplines électrique et mécanique.

Ce groupe de travail aura pour tâches:

- Identifier les besoins et les attentes de l'exploitant et des secteurs concernant l'exploitation future des compensateurs synchrones;
- Fournir le support technique de niveau expertise;
- Évaluer le diagnostic et les résultats des programmes et démarches déjà mises de l'avant.
- Évaluer la pertinence d'une équipe projet et recommander à l'équipe de pilotage la démarche appropriée et l'objectif d'amélioration;
- Identifier les solutions nouvelles ou déjà appliquées et en apprécier l'efficacité;
- Assurer l'uniformisation et l'intégrité des mesures correctives identifiées, en tenant compte du rôle stratégique des compensateurs synchrones dans le parc d'équipement;
- Fournir l'orientation et les encadrements des mandats d'ingénierie;
- Préparer un plan de redressement de l'ensemble des compensateurs synchrones et de leurs éléments, incluant la modernisation et la remise à neuf;
- Transmettre aux secteurs concernés toute l'information requise pour la réalisation du plan de redressement.

¹ Mandat du groupe de travail

6.0 ANALYSE FACTUELLE

Étape 2

Le responsable du groupe de travail convenait de débiter le mandat en formant un comité ad hoc pour valider les besoins des différentes directions et régions et pour confirmer le rôle des compensateurs synchrones sur le réseau pour les vingt prochaines années. Ce groupe, composé de représentants de Conduite du réseau, d'Automatismes, d'Exploitation en région et de la direction MESB a établi la démarche suivante:

- Démontrer l'importance des compensateurs synchrones;
- Identifier les besoins d'amélioration d'exploitation actuels et futurs;
- Déterminer les besoins d'automatisation et de télécommandes;
- Établir la pertinence de former des sous-groupes (automatisme et exploitation).

Le comité ad hoc tenait trois réunions de novembre 1994 à décembre 1994. Ces rencontres ont permis de dégager les faits suivants:

6.1 Rôle des compensateurs synchrones

Les compensateurs synchrones jouent un rôle majeur sur le réseau ². Ils permettent une régulation locale de la tension près du besoin, donnent une certaine inertie et permettent d'augmenter le transit de puissance. Ils procurent une plage de variation de puissance réactive, ce qui réduit le nombre de manoeuvres d'éléments réactifs shunt (condensateur ou inductance).

L'indisponibilité d'un de ces appareils peut entraîner des restrictions de transit de puissance d'environ 400 MW et plus, selon la configuration du réseau ³.

Avec l'implantation de la compensation série, les restrictions apportées par l'indisponibilité d'un compensateur synchrone seront équivalentes, mais auront moins d'impact parce que les niveaux de transit seront plus élevés avec la compensation série.

L'indisponibilité de plusieurs de ces appareils pourrait entraîner soit des coupures de ventes, soit des moyens de gestion coûteux pour alimenter les charges prioritaires.

Il apparaît donc essentiel que ces appareils soient maintenus en bon état de fonctionnement afin de permettre une exploitation fiable et sécuritaire du réseau de transport.

² Lettre du service Planification du réseau (15 août)

³ Lettre du service Planification de l'exploitation du réseau (31 août 1995)

6.2 Besoins d'améliorations d'exploitation

Conduite du réseau n'a pas jugé pertinent de former un groupe de travail Exploitation suite aux consultations qu'ils avaient entreprises avec les régions. Cependant, ils ont déposé une liste ⁴ des besoins généraux d'exploitation à intégrer au plan de redressement dont en voici le détail:

- Ajout de disjoncteurs aux postes Duvernay et Lévis afin d'en améliorer la continuité de service;
- Commande collective à mettre en service et/ou à revoir selon le cas;
- Automatisation des séquences de démarrage/freinage et d'arrêt à revoir en fonction de la fiabilité;
- Meilleure gestion des alarmes par des ajouts et/ou dégroupement de point au bâtiment de commande;
- Meilleur équipement de mesure pour plus de précision au niveau des consignes;
- Mesures à distance de la consommation et de la pureté de l'hydrogène;
- Permissivité des commandes en téléconduite dans tous les sites. La tendance étant au dégardiennage des installations;
- Compatibilité des commandes à la technologie SICC/ALCID;
- Révision des automatismes temporaires de rehaussement de consigne (RAC) et compatibilité d'interface à la technologie SICC/ALCID ainsi que permissivité à recevoir des signaux internes ou externes venant d'autres automatismes de réseau tel RPTC ou autres.

Lors des rencontres du comité ad hoc, il a été convenu qu'il y aurait formation d'un groupe de travail Automatismes. Cette orientation s'est défini suite à une consultation préliminaire des secteurs et la présentation des tableaux d'indisponibilité des compensateurs des cinq dernières années ⁵ où ressortent beaucoup de pannes associées à l'équipement d'Automatismes.

6.3 Groupe de travail Automatismes

Ce groupe de travail formé de représentants des secteurs a tenu deux jours de réunion. Les aspects entretien, dépannage, anomalies en suspens, modifications et projets de remise à neuf sur la commande, la protection, la régulation et les équipements auxiliaires regroupant plus de 80 points ont été analysés.

Après consultation des secteurs Maintenance et des divisions Comportement et Réglages du service Automatismes, les principales préoccupations soulevées ont été les suivants:

⁴ Lettre de la direction Exploitation/Direction Répartition et Projets (13 décembre 1994)

⁵ Tableau d'indisponibilité des compensateurs synchrones 1989/1994

- Les Automatismes actuels (commande, protection et régulation) suffisent au besoin, mais il y a très peu de place pour les modifications et/ou additions. De plus, certaines pièces d'équipement ne sont plus disponibles;
- L'entretien réalisé sur les automatismes est différent d'un secteur à l'autre et très peu d'entretien a été réalisé sur les régulateurs de tension;
- L'avortement des commandes de démarrage et d'arrêt est principalement dû aux différents sous-systèmes (conditions manquantes, refus d'opération de disjoncteurs...), qu'au système de commande (relais à gradin) lui-même. De plus, il y a difficulté d'analyse (diagnostic) lors de séquence incomplète.
- Il y a un manque de suivi des pannes reliées à la commande dû aux arrêts peu fréquents des compensateurs;
- Difficulté d'analyse lors de déclenchement, seuls les relais de déclenchement (94 et 86) sont reliés à l'E.C.E.;
- Manque de formation sur les régulateurs de tension (intervention peu fréquente et roulement de personnel);
- Des modifications ont été réalisées à la commande et protection pour des besoins locaux et n'ont pas été étendues aux autres postes;
- Avec le temps, il y a eu addition, regroupement et dégroupement de points d'alarmes et dans certains cas, remplacement d'annonceur.

Les détails de l'analyse faite par le groupe Automatismes se retrouvent dans le document du 6 juillet 1995 ⁶. Le dépôt de ce dernier mettait fin à leurs activités.

6.4 Groupe de travail Appareillage

Les responsables du groupe de travail débutent leurs travaux par la visite des sites et la rencontre du personnel d'entretien. Le but recherché était de connaître l'état actuel des compensateurs synchrones, d'échanger sur leurs besoins d'amélioration et de connaître les attentes des secteurs face à ce dossier.

À la suite de ces rencontres, un document de travail a été préparé. Ce dernier, intitulé "Situation actuelle des compensateurs synchrones" incluait:

- La liste des anomalies et/ou commentaires exprimés lors de la visite des secteurs;
- Les échanges exprimés au comité ad hoc des groupes Automatismes et Exploitation;
- La liste des anomalies priorisée au comité provincial 1993;
- La liste restante des anomalies des comités antérieurs (1978 à 1984);
- Les faits saillants de l'évaluation des compensateurs synchrones de Duvernay en prévision de leur remise à neuf effectuée par le secteur Mirabel.

À partir de ce document, le groupe de travail a procédé à la validation point par point des 115 items avant de passer à l'étape de l'évaluation ⁷. De cette validation, il s'en est dégagé les préoccupations principales suivantes:

⁶ Rapport du groupe de travail Automatismes (6 juillet 1995)

⁷ Situation actuelle des compensateurs synchrones 1995

6.4.1 Préoccupations en rapport à l'équipement

6.4.1.1 *Problèmes reliés au respect des lois et normes*

- Des divergences entre les installations et les prescriptions du code de l'électricité du Québec;
- Des divergences entre les compensateurs synchrones et la loi des vaisseaux sous pression;
- Des installations non conformes en regard aux prescriptions sur la protection contre l'incendie (NFPA).

6.4.1.2 *Problèmes reliés à la présence d'hydrogène*

- Mauvaise installation et insuffisance de détecteur d'hydrogène dans les bâtiments et les compensateurs;
- Ventilation inadéquate ou inexistante pour assurer la sécurité face à l'hydrogène;
- Armoires des gaz et rampes d'hydrogène ne rencontrent pas les lois et normes.

6.4.1.3 *Problèmes de conception*

- Portes d'accès des compensateurs synchrones insuffisantes;
- Passerelles d'accès sont inexistantes pour plusieurs équipements;
- Instrumentations désuètes ou inexistantes sur le compensateur lui-même;
- L'ensemble des contrôles de la température de l'huile et du glycol est déficient;
- Ergonomie de l'armoire des gaz, non conforme due aux nouveaux équipements d'analyse de l'hydrogène;
- Isolateurs support des disjoncteurs 16 kV doivent être remplacés dû à une faiblesse;
- Il n'existe aucun système redondant pour les auxiliaires des C.S.;
- Services auxiliaires sont non conformes pour l'application du nouveau code de sécurité des travaux et déficient dans la permutation;
- Alimentation 129 volts cc à réévaluer;
- Vibrations excessives dans le circuit de graissage des paliers;
- Filtration d'huile inadéquate.

6.4.1.4 *Problèmes reliés à l'exécution des travaux de remise à neuf*

- Pièces de rechange (Statuer sur la liste, l'approvisionnement, l'entreposage, etc.);
- Abri temporaire et base (Ingénierie, fabrication, entreposage, etc.)
- Outillage (Statuer sur la liste, l'approvisionnement, l'entreposage, etc.)
- Échéancier, essais, etc. (Produire des échéanciers, des listes d'essais et leur description, etc.).

6.4.2 Préoccupations en rapport au vécu dans les secteurs

6.4.2.1 *Sécurité*

- **Utilisation de l'hydrogène**

- Incertitude du personnel sur le degré de danger des installations par rapport à l'utilisation de l'hydrogène;
- Mauvaise fiabilité des appareils de mesure des gaz;
- Les secteurs veulent être supportés dans le choix des équipements reliés à l'utilisation de l'hydrogène.

- **Certification comme appareil sous pression**

- La poursuite de la certification en cours depuis 1992;
- Les secteurs veulent être supportés dans leur démarche pour continuer le processus de certification jusqu'à terme assurant ainsi une coordination inter-secteurs et une uniformité dans la démarche.

- **Protection-incendie**

- Depuis 1995, la réglementation provinciale interdit la vente et la distribution de Halons;
- Les secteurs veulent une orientation générale de la protection contre l'incendie de l'ensemble des installations des compensateurs synchrones pour respecter les lois et assurer la sécurité du personnel.

6.4.2.2 *Ergonomie*

- Il y a un problème d'accès à l'intérieur des enceintes des C.S. (vases clos);
- Les secteurs veulent que les dimensions de l'armoire des gaz soit réévaluées pour permettre un travail efficace et sécuritaire à l'intérieur de celle-ci et assurer la fiabilité de l'analyseur de gaz.

6.4.2.3 *Fiabilité*

- Les compensateurs synchrones déclenchent pour toutes sortes de raisons, et de façon répétitive (système peu automatisé, désuet, etc.). Les relevés d'indisponibilité des cinq dernières années indiquent en moyenne quatre défauts par année par C.S. (source ACE);
- L'exploitation a besoin de compensateurs robustes et capable de résister aux fluctuations du réseau;
- Les secteurs et l'exploitation veulent améliorer et automatiser les séquences de démarrage;
- Les secteurs veulent une orientation concernant le règlement des nombreuses listes d'anomalies en suspens depuis plusieurs années;

- Les secteurs veulent une orientation sur le contenu des travaux lors des remises à neuf et de la modernisation des CS;
- Certains secteurs d'exploitation (Lévis, Mirabel) veulent que soit étudié la possibilité d'ajouter un disjoncteur haute tension à la sortie des C.S. pour augmenter la flexibilité et la fiabilité lors d'entretien ou de pannes (réf. déclenchement des trois C.S. du poste Duvernay, 16 juin 1994)

6.4.2.4 Cohérence entre les installations

- Il n'y a pas d'uniformité entre les régions dans plusieurs domaines. L'utilisation de différents systèmes pour la télécommande, la codification de tuyauterie différente, le système d'acquisition de données à certains endroits (zoom), sans compter les installations comme telles où les mesures de protection sont installées à des degrés d'avancement divers, selon les endroits;
- Les secteurs veulent une orientation et participer au choix des différentes mesures qui seront recommandées pour que les installations remplissent leur rôle de façon cohérente, sinon absolument uniforme;
- Cette cohérence, de l'avis de la majorité des personnes rencontrées, devrait se poursuivre jusqu'à l'ingénierie et la réalisation des travaux.

6.4.2.5 Modernisation des équipements et des systèmes

- Plusieurs systèmes demandent des interventions manuelles lors de perte de tension. Il y a beaucoup trop d'alarmes qui ne concernent pas toujours l'exploitation. La capacité des annonceurs est dépassée;
- En région, les secteurs et Exploitation ont besoin de plus de flexibilité pour l'exploitation et l'utilisation des différents systèmes;
- Exploitation et Conduite du réseau recommandent la téléconduite des installations; les équipements doivent être automatisés en conséquence.

6.5 Orientations des attentes

Pour faire suite à cette analyse factuelle et aux rencontres avec les secteurs, les attentes exprimées initialement dans le mandat sont clarifiées et se résument en trois attentes principales, soit:

- Règlement définitif du dossier
- Meilleur choix économique
- Horizon de vingt ans

6.5.1 Évaluation de la pertinence d'une équipe projet

À la lumière des informations recueillies sur l'état actuel des compensateurs synchrones et des consultations des différents groupes, il est clairement apparu que la démarche qualité proposée, pour une équipe de projet ne s'appliquait pas dans le cas des C.S.

Il était difficile, voire même impossible d'identifier un thème d'amélioration pour produire un plan de redressement. Dans ce cas bien précis, il aurait fallu une multitude d'équipes projets pour tout couvrir les besoins.

Pour cette raison, il a été décidé d'utiliser la démarche qualité contenue dans le guide à l'usage des comités ou groupes de travail. La démarche poursuivie est cependant tout aussi rigoureuse et factuelle avec la différence qu'elle ressemble d'avantage à un projet avec toutes les phases d'avancement et d'approbation.

6.5.2 TABLEAU DE CONVERSION DES ATTENTES EN CARACTÉRISTIQUES

INDICATEUR DE QUALITÉ OUI -- NON				
UTILISATION MAXIMALE DE SOLUTIONS DÉJÀ EXISTANTES ET EFFICACES			X	
FOURNIR L'ORIENTATION ET LES ENCADREMENTS D'INGÉNIERIE		X	X	
TENIR COMPTE DU CONTEXTE (RÉSEAU ACTUEL ET FUTUR)		X	X	X
RESPECTER LES LOIS ET RÈGLEMENTS		X		
AVOIR UNE VISION GLOBALE		X	X	
CARACTÉRISTIQUES DU PLAN				
PLAN DE REDRESSEMENT DES COMPENSATEURS SYNCHRONES 1995		ATTENTES DU CLIENT		
		REGLEMENT DÉFINITIF DU DOSSIER		
		MEILLEUR CHOIX ÉCONOMIQUE		
				HORIZON DE 20 ANS

6.5.3 TABLEAU DE CONVERSION DES CARACTÉRISTIQUES EN SPÉCIFICATIONS

SPÉCIFICATIONS DU PLAN		INDICATEUR DE QUALITÉ OUI-NON				
PLAN DE REDRESSEMENT DES COMPENSATEURS SYNCHRONES 1995	CARACTÉRISTIQUES DU PLAN					
	AVOIR UNE VISION GLOBALE	X				
	RESPECTER LES LOIS ET RÈGLEMENTS		X			
	TENIR COMPTE DU CONTEXTE (RÉSEAU ACTUEL ET FUTUR)			X		
	FURNIR L'ORIENTATION ET LES ENCADREMENTS D'INGÉNIEURIE				X	
	UTILISATION MAXIMALE DE SOLUTIONS PERMANENTES EXISTANTES					X
	IMPLIQUER TOUTES LES SPÉCIALITÉS	X		X	X	
	REVOIR LA SITUATION AU COMPLET (NE PAS PROCÉDER À LA PIÈCES)	X	X	X	X	
	VALIDER CONSULTER, ÉTUDIER,	X	X	X	X	X
	SÉPARER LE CONTENU EN FAMILLE, EN THÈME	X				
	ÉVALUER LES SOLUTIONS ACTUELLES (INTERNES ET EXTERNES)	X	X		X	X

6.6 Outils d'évaluation de la situation actuelle

À partir du document "Situation actuelle des compensateurs synchrones 1995", chaque item a été analysé en groupe en utilisant les outils suivants:

- Matrices des attentes
 - Outil pour guider l'évaluation et pour s'assurer du respect des attentes caractéristiques et spécifications du produit.
- Questionnaire sur chaque système
 - Outil développé pour s'assurer de l'uniformité de l'analyse de chaque système des compensateurs.
- Orientations de l'encadrement de l'ingénierie
 - Outil développé par le groupe de travail pour assurer l'uniformité du contenu des encadrements.

Ces outils ont permis au groupe de travail d'analyser en profondeur chaque système. Tous les points soulevés ont été discutés en détail. Des positions ont été prises sur la majorité des problèmes et les mesures correctives déjà mises de l'avant ont été discutées et évaluées.

Dans certains domaines problématiques, le groupe de travail a convenu de s'adjoindre de support externe spécialisé pour s'assurer d'une prise de position éclairée sur les sujets. Des mandats d'étude ont été confiés aux firmes ou services suivants:

- Contrat à la Cie Pluritech Énergie ⁸ pour mesurer l'écart entre nos installations et les prescriptions du Code de l'électricité du Québec, en ce qui a trait à l'utilisation de l'hydrogène;
- Mandat au service Prévention-Incendie ⁹ pour nous indiquer les lacunes des installations actuelles par rapport aux règlements et lois en vigueur, sous l'aspect protection-incendie;
- Contrat à GEC Alsthom d'ingénierie ¹⁰ pour l'ajout des portes d'accès à l'enceinte des C.S. (en plus du contrat déjà octroyé sur le calcul des pressions admissibles dans l'enceinte).
- Des gens antérieurement impliqués dans le dossier des compensateurs synchrones ont été consultés. La visite des sites de Gentilly et de Tracy a été effectuée à la recherche de solutions aux problèmes reliés à l'utilisation de l'hydrogène.

⁸ Rapport de la compagnie Pluritech Énergie

⁹ Rapport du Service Prévention-Incendie

¹⁰ Calculs et plans de l'ingénierie des portes d'accès

6.7 Orientation du plan de redressement

La partie qui suit représente les orientations que devra prendre le plan de redressement selon les regroupements suivants:

6.7.1 Respect des lois & règlements

6.7.1.1 Installation d'appareils vs hydrogène

- Bien qu'Hydro-Québec ne soit pas assujéti à la loi sur les installations électriques tel que prescrit au code de l'Électricité du Québec, dans la très grande majorité de ses installations, elle a toujours appliqué des normes supérieures ou équivalentes aux prescriptions de ce dernier.
- Pour les compensateurs, ce n'est pas le cas, principalement dans tout ce qui est adjacent à l'hydrogène tel que confirmé par l'étude de Pluritec Énergie.
- Le groupe de travail évalue qu'il est pertinent d'appliquer l'équivalent du code pour assurer la sécurité dans les C.S. et d'utiliser les propositions de mandats d'ingénierie suggérées dans l'étude de Pluritec Énergie.

6.7.1.2 Protection-incendie

- Le questionnement majeur concernant la protection contre les incendies était de connaître, d'une part, les produits de remplacement des systèmes actifs au halons existants et, d'autre part, d'évaluer la nécessité d'installer de la protection incendie dans l'ensemble des installations reliées au compensateur pour la protection du personnel et le respect des lois et normes.
- Pour répondre à ces questions, un mandat a été donné au Service Prévention-Incendie de la direction Sûreté d'Hydro-Québec. De plus, les gens du service Gestion des risques et des assurances de la direction Gestion financière et de la direction Services de Santé ont été consultés.
- Les principales orientations du rapport émit par le service Protection-Incendie sont les suivantes:
 - Il n'est pas nécessaire d'installer de systèmes actifs d'incendie dans l'ensemble des installations des compensateurs sauf au bâtiment de démarrage en raison du volume d'huile du transformateur de démarrage des compensateurs et de son emplacement à proximité d'équipement contenant de l'hydrogène;
 - Des systèmes de détection d'incendie et d'hydrogène sont requis sur l'ensemble des installations pour respecter le code NFPA et assurer la sécurité du personnel;
 - Des systèmes de ventilation forcés, adéquats, équilibrés et surveillés devront assurer une évacuation pour éviter toute accumulation ou concentration d'hydrogène dans les installations;
 - L'ensemble de ces systèmes devra obligatoirement être intégré à la commande et à la protection des compensateurs synchrones;
 - Les produits de remplacement du halons 1301 proposés sont le CEA-410 de la Cie 3M ou le FM 200 de la Cie Great Lakes;

6.7.1.3 Certification des compensateurs comme vaisseau sous pression

- Pour faire suite aux avis émis par le ministère du travail en mai et novembre 1991 nous avisant que les compensateurs synchrones sont assujettis aux règlements et lois des appareils sous pression, de nombreuses démarches ont été entreprises dans le but de satisfaire aux exigences du ministère.
- Il est impératif d'obtenir cette certification dans les plus brefs délais puisque nous faisons face à des avis d'arrêt des C.S. par le ministère. Nous sommes donc constamment en négociation pour obtenir des délais à ces avis.
- Une acceptation de principe ¹¹ a été obtenue après une présentation des calculs des structures des compensateurs par le fabricant, démontrant que ces appareils rencontraient l'esprit du code des vaisseaux sous pression.
- Les étapes à venir sont les demandes de certification pour chaque compensateur, des essais à 125% de la pression nominale, l'addition de portes d'accès et que tous les équipements connexes soient conformes (Armoire des gaz, rampes, etc.)

Note: Actuellement, nous faisons face à l'expiration des délais négociés avec le ministère sur l'avis d'arrêt des compensateurs de Manicouagan en décembre 1994.

6.7.2 Remise à neuf / Modernisation

Malgré le peu d'historique que nous possédons sur les compensateurs synchrones mais fort de l'expérience acquise lors des deux réfections majeures effectuées à la suite des bris aux postes Lévis et Manic et aussi des situations vécues depuis leur mise en route, nous constatons que la remise à neuf et la modernisation des systèmes connexes qui les composent deviennent plus qu'évidentes.

¹¹ Lettre d'acceptation de principe de la certification des C.S. par le Ministère

6.7.2.1 Généralités

Les échéanciers fixés pour les réfections n'ont pas été respectés. L'abri temporaire est mal conçu, trop petite et non isolé.

Ces délais sont principalement imputables au manque d'espace d'entreposage, à l'insuffisance de pièces de rechange, à l'outillage incomplet, à l'approvisionnement en général et à l'absence de plan d'action.

L'indisponibilité des C.S. en a été accrue causant une diminution de la flexibilité de l'exploitant et engendrant des coûts additionnels.

Pour améliorer la performance en temps et en argent nous aurions intérêt à mieux préparer les remises à neuf en se dotant d'échéancier type pour le démontage et le remontage des compensateurs, d'ingénierie sur les travaux à effectuer et les essais recommandés, tout en prévoyant des mécanismes pour le contrôle de la qualité. L'abri temporaire doit être améliorée en fonction de l'expérience vécue.

6.7.2.2 L'armoire des gaz

Le système actuel de mesure de la pureté d'hydrogène n'est pas fiable. Le processus pour ajuster la pureté est manuel et long. L'adaptation à la téléconduite est impossible. L'arrangement général de la tuyauterie et la qualité des soudures est déficient. Des analyses ont démontré qu'aucune soudure ne rencontrait les critères de qualité et que c'est la même compagnie qui a fourni les armoires pour les neuf compensateurs. Les dimensions de l'armoire sont insuffisantes. L'installation de nouveaux analyseurs et la relocalisation d'équipements vers cette armoire font en sorte qu'il faut revoir la conception.

Nous sommes en présence d'équipements désuets.

La sécurité face au contrôle de la pureté d'hydrogène n'est pas assurée et le processus d'ajustement est coûteux et engendre des pertes d'hydrogène. Le ministère a émis des avis de défauts sur la tuyauterie faisant en sorte qu'une menace réelle pouvant compromettre la disponibilité des compensateurs synchrones est toujours présente.

L'ensemble des armoires est non conforme et de nouveaux équipements plus performants doivent y être intégrés pour améliorer la fiabilité des compensateurs.

6.7.2.3 Flasques, paliers et joints d'étanchéité

Nous avons de la mesure de vibration des paliers que sur un (1) axe. Il y a de nombreuses fuites d'huile provenant des flasques associés aux sorties des équipements de mesure. Il y a eu baisse de la pression d'huile aux paliers avec les années.

La conception de la mesure de vibration et du système d'étanchéité de l'instrumentation est déficiente. La détérioration du régule des paliers est principalement associée au manque d'injection d'huile à l'arrêt des C.S.

La prise de mesure de vibration sur un axe ne garanti pas une protection adéquate du compensateur synchrone. Il y a augmentation des jeux des paliers ce qui entraîne des vibrations et une plage de pression d'opération d'huile trop basse. De nombreuses fuites d'huile se dirigeant vers les boites de jonction de l'instrumentation.

6.7.2.4 Rotor-Stator

Nous ne possédons pas beaucoup de relevé pour analyser. Par contre les réfections de Manic et Lévis ont permis de constater ce qui suit: les ressorts de calage sont du type en caoutchouc et ont une durée de vie situé entre dix et quinze ans; de nombreux coins interpolaires se sont relâchés avec les années (poste Lévis); de nombreux souples sont fissurés.

Le manque de relevés pour analyse vient du fait que les normes d'entretien ne sont pas à jour et que l'instrumentation des compensateurs est insuffisante. Ce type de calage est typique des conceptions des années 1970.

Il y a risques de défauts majeurs et augmentations des vibrations dûes au relâchement des coins interpolaires. Les compensateurs s'en retrouvent moins robustes.

6.7.2.5 Système de refroidissement

- **Contrôles**

Nous sommes en présence de nombreux contrôles qui sont tout indépendants malgré le fait qu'ils soient en inter relations lors de l'exploitation des C.S. Il y a des difficultés à atteindre et maintenir les niveaux de consignes de températures du système. Il y a eu quelques refus de démarrage dû à la température trop basse du système au poste Abitibi et Duvernay et des déclenchements par de fausses détections de bas débit du glycol.

Il n'y a aucun système qui harmonise ces contrôles.

Ce manque d'harmonisation provoque des délais à la mise en route des C.S. principalement en raison de séquences de démarrage incomplètes obligeant l'exploitant à compléter manuellement l'ajustement des contrôles.

- **Unité de pompage**

La fiabilité des unités de pompage a diminué avec le temps et est plus sujette à des défauts (moteur, pompe, etc.). Le système de pompage de relève est à démarrage manuel.

Ces faits sont causés par une usure normale des pièces et une difficulté d'entretien. La technologie utilisée est dépassée et le nombre d'année de service est très élevé.

Notons qu'à chaque arrêt de l'unité de pompage il y a déclenchement des compensateurs d'où l'importance d'automatiser la relève sur ces systèmes.

- ***Échangeurs air-glycol***

Ce sont des unités qui requiert régulièrement de l'entretien (graissage, paliers, moteurs etc.). Il n'y a aucune passerelle d'accès ou garde de corps sur ces unités ni de grilles de protection sur les ventilateurs. Il y a un mauvais fonctionnement du détecteur de débit du glycol. La pression d'hydrogène étant supérieure à celle du glycol, il y a risque de fuite d'hydrogène dans le circuit du glycol; le réservoir d'expansion du glycol ne possède aucun détecteur d'hydrogène

Aucune passerelle n'a été prévue à l'installation pour assurer la sécurité du personnel à ces endroits. La technologie utilisée pour mesurer le débit du glycol est faible compte tenu de la possibilité de déclenchement des C.S. par cette protection. Il y a risque que l'on ne détecte pas l'accumulation d'hydrogène à l'intérieur du réservoir.

La sécurité du personnel n'est pas assurée en tout temps et l'on ne rencontre pas les lois et règlements. La fiabilité des C.S. est compromise par des déclenchements fréquents due à une mauvaise détection du débit de glycol.

6.7.2.6 Système de lubrification

- ***Système des paliers***

De nombreuses fuites d'huile aux joints de la tuyauterie amenées par la mauvaise qualité des garnitures et le manque d'entretien dû au fait que le réservoir d'huile est commun aux deux compensateurs. Il y a des vibrations excessives dans la tuyauterie du système de lubrification des paliers associé à une basse pression à la succion de la pompe.

La cause des fuites est un mauvais choix de garnitures. Les vibrations sont dues au fait que nous étions trop à la limite des spécifications de la pompe à la conception.

Nous sommes donc dans l'obligation de gérer les fuites plutôt que de les réparer. Les vibrations excessives causes des bris à l'équipement.

- ***Système de soulèvement***

Le système est commun aux deux compensateurs. Le système sert au démarrage des compensateurs seulement provoquant une détérioration des paliers à l'arrêt.

La conception n'a pas prévu de redondance. Le système est désuet et ne répond pas aux besoin de l'équipement.

Il y a usure prématurée des paliers altérant la vie de ces derniers et affectant la robustesse des compensateurs.

- ***Filtration:***

Les analyses démontrent que l'huile n'est pas propre et qu'il y a accumulation de résidus dans le réservoir. La filtration primaire actuelle en série est inadéquate.

Le système de filtration est désuet et ne possède pas le degré de filtration nécessaire.

Usure prématurée des paliers et des pompes.

- **Réservoir principal RV1**

Il y a un grand dégagement de chaleur au réservoir. Il y a présence d'hydrogène dans ce dernier. Le système d'évacuation d'hydrogène est inadéquat, impliquant l'arrêt des deux compensateurs lors d'interventions et ne répondant pas aux exigences des codes et normes d'incendie.

Le réservoir n'est pas isolé. La conception n'a pas été pensée en fonction de l'entretien et aucun système de surveillance ne nous permet de s'assurer du bon fonctionnement des composants.

Il est très difficile voir même impossible d'obtenir les deux compensateurs pour réparation ou entretien. Tous les inconvénients associés au non respect des lois et la sécurité sont difficiles à gérer.

6.7.2.7 Rampe d'hydrogène et dépôt de CO2

Les rampes sont à l'extérieur et n'ont pas tous des abris pour les protéger des intempéries. Les rampes ne rencontrent pas les lois et règlements régissant ce type d'installation. Nous sommes en attente de la certification des compensateurs comme vaisseaux sous pression. Les dépôts de CO2 sont reliés aux rampes d'hydrogène et quelques fois installés à proximité d'appareils électriques.

La raison de l'ensemble de ces anomalies est principalement reliée à la conception originale.

Nous ne sommes pas à l'abri de conditions dangereuses et l'on doit se soumettre à aux lois et règlements. Il y a des risques à laisser les dépôts entre des appareils sous tension dans les postes. Il y a des délais dans l'obtention de la certification des compensateurs occasionnés par la non-conformité des rampes ce qui risque d'entraîner d'autres avis d'arrêt.

6.7.2.8 Équipements électriques

- **Disjoncteurs 300 KV**

La configuration des compensateurs dans certain poste fait en sorte que l'exploitant manque de flexibilité. Il y a eu déclenchement des trois compensateurs à Duvernay lors d'un défaut sur le réseau.

Dans le cas de Duvernay, l'arrangement général du jeu de barres ne permet pas d'avoir deux compensateurs en tout temps sur une ligne en cas de bris du C.S. Dans celui du poste Lévis, chaque compensateur est raccordé à sa ligne sans possibilité de transfert.

Il y a eu des pertes de transit considérable lors du défaut de Duvernay et les moyens utilisés pour compenser ces déclenchements ont été coûteux (démarrage de la centrale La Citière, détachement de l'interconnexion de Châteauguay, etc.).

- **Disjoncteurs 16 KV (Démarrage des C.S.)**

Ces disjoncteurs ont tous plus de vingt (20) de service. Le fabricant nous a déjà signifié que le type d'isolateurs supports sur ces disjoncteurs avaient des faiblesses et leurs remplacement étaient nécessaires. Des essais à l'IREQ ont modulé l'urgence de cette recommandation et la Direction Appareillage en recommande leur remplacement.

L'usure normale de plusieurs pièces font en sorte que l'entretien est inévitable. Il y a eu utilisation de mauvais matériaux pour la fabrication des isolateurs entraînant un vieillissement prématuré.

Il y a risque de plus en plus grand de brie majeur sur ces appareils impliquant l'indisponibilité des C.S. pour plusieurs mois.

- **Services auxiliaires**

- *Alimentation 129 Vcc:*

Les batteries d'accumulateurs sont sous dimensionnées. La protection et l'alimentation de puissance ne sont pas séparés. Les salles sont trop petites et non conforme.

Il y a eu plusieurs additions ou changement d'appareils avec les années. Les normes d'Hydro-Québec régissant les salles et les batteries ont évolué.

Il manque d'espace pour améliorer les circuits de protection ou de commande. Il y a risques de contamination par l'hydrogène de refroidissement du compensateur dans tous les bâtiments lors de la perte de l'alimentation C.C. (réf. explosion de 1978 à Duvernay)

- *Alimentation 600 Vca:*

On ne rencontre pas les nouvelles prescriptions du code de sécurité des travaux et la méthode de cadenassage. Il y a des problèmes de permutations. Il n'y a pas de source d'alimentation d'urgence externe. À l'intérieur d'un même panneau se trouvent plusieurs systèmes qui font en sorte qu'il est difficile de l'isoler pour travailler sécuritairement. De nombreuses modifications aux différents circuits n'apparaissent pas nécessairement aux plans.

Les équipements sont désuets et ne répondent plus à nos besoins. L'addition de nouveaux circuits non planifiés pour répondre à du dépannage d'urgence à aussi contribuer à cette situation.

L'agencement général des services auxiliaires nous enlève de la flexibilité et le respect du code des travaux cause des problèmes pour l'entretien. Il y a augmentation des temps d'intervention lors du dépannage. Les problèmes de permutation ont provoqué des déclenchements de compensateurs.

6.7.2.9 *Système d'acquisition de données*

Il y a peu de systèmes de surveillance. Nous sommes dans un environnement avec de l'hydrogène et en cas de défaut nous ne possédons aucun outil adéquat nous permettant d'analyser les causes. Dans l'optique de la téléconduite les compensateurs ne sont pas préparés. Nous ne possédons pas les outils d'analyse nous permettant d'optimiser l'entretien et l'exploitation.

L'importance des compensateurs et leur sécurité ont été perdu de vue.

Notre manque de rigueur dans l'exploitation des installations en présence d'hydrogène pourrait nous rejoindre. Il nous est impossible d'améliorer l'efficacité des compensateurs et d'analyser les défauts et de suivre l'équipement pour l'entretien.

6.7.2.10 *Conclusion sur les remise à neuf / modernisations*

À la lumière de l'ampleur des modifications et des réparations à apporter aux compensateurs pour améliorer leur fiabilité et leur sécurité il apparaît évident que des tentatives de réparation à la pièce seraient pratiquement impossibles et compromettrait leur disponibilité sur le réseau. Un plan d'action global pour solutionner l'ensemble des problèmes est la meilleure façon d'y parvenir.

6.7.3 *Plans d'urgence*

Il existe des plans d'urgence différents pour chaque site alors que l'on est en présence d'installations identiques. Il n'est pas toujours évident que nous sommes sur un site avec présence d'hydrogène lorsque le personnel d'Hydro-Québec, les entrepreneurs, les fournisseurs et les visiteurs y sont en déplacement. Il n'y a pas de mise à jour systématique qui est faite.

Nous avons sous évalué les dangers et règles de sécurité sur tout ce qui touche l'hydrogène. Il n'y a pas eu de concertation entre les secteurs.

Les procédures d'évacuation en cas d'urgence risquent de ne pas être complètes et aussi efficaces. Il sera important de revoir les plans d'urgence des installations des compensateurs.

6.7.4 *Ingénierie*

Les plans actuels des compensateurs synchrones ne correspondent plus à la réalité et jusqu'à ce jour il y a eu souvent de l'ingénierie de dépannage.

Les diverses anomalies, combinées aux interventions de la CSST, ont amené les régions concernées à apporter des corrections pour augmenter la sécurité aux compensateurs. La plupart de ces corrections ont été appliquées individuellement dans un mouvement d'urgence du moment. Il n'existe donc plus de concertation provinciale pour l'uniformisation des modifications déjà effectuées.

Les installations ne rencontrent pas totalement les exigences et les critères prescrits par les codes et normes. Les temps d'intervention lors du dépannage ou de l'entretien sont augmentés.

Suite à l'expérience vécue et aux modifications faites en urgence, le groupe de travail constate de façon unanime le besoin de se diriger vers une ingénierie globale et complète afin de régler définitivement les nombreux problèmes.

6.7.5 Contrôle et suivi

Fort de l'expérience du passé et conscient de l'ampleur des efforts nécessaire à la réalisation du plan de redressement, le groupe de travail juge qu'il sera très important qu'une équipe provinciale soit maintenue du début à la fin de la réalisation du plan de redressement pour en assurer le respect des recommandations.

6.7.6 Conclusion de l'analyse factuelle

Cette analyse factuelle représente les principales orientations prises par le groupe de travail lors de l'évaluation des anomalies et commentaires des secteurs. Le détail de cet exercice est contenu dans un document ¹² et de ses annexes émis suite aux rencontres du groupe.

¹² « Évaluation du groupe de travail sur la situation actuelle des compensateurs synchrones 1995 ».

7.0 ÉLABORATION ET PROPOSITION DU PRODUIT

Étape 3

À cette étape, le groupe de travail considère détenir toute l'information nécessaire à l'élaboration du plan de redressement, soit:

- Un document identifié "Situation actuelle des compensateurs synchrones" comprenant toutes les anomalies, commentaires et projets rapportés dans le passé;
- Un document "Évaluation du groupe de travail sur la situation actuelle des C.S. 1995" validant et évaluant la pertinence de tout ce qui est indiqué au document précédent;
- Des graphiques montrant les indisponibilités des compensateurs synchrones depuis les cinq dernières années;
- Le document du groupe Automatismes traitant de l'évaluation actuelle et des recommandations à court et à long terme;
- La lettre sur les attentes du groupe Exploitation;
- L'étude de la Cie Pluritec Énergie mesurant l'écart entre nos installations et les prescriptions du Code de l'électricité du Québec, en ce qui a trait à l'utilisation de l'hydrogène;
- Le rapport du service Prévention-Incendie nous indiquant les lacunes des installations actuelles par rapport aux règlements et lois en vigueur, sous l'aspect protection-incendie;
- Le rapport de la Cie GEC ALSTHOM montrant l'ingénierie pour l'ajout des portes d'accès à l'enceinte des C.S. en plus du rapport sur le calcul des pressions admissibles dans l'enceinte.

Une synthèse de toute cette information a été préparée, et le résultat a permis de donner les orientations sous forme de recommandations pour tous les sujets majeurs où des problèmes ont été identifiés.

Les recommandations qui suivent constituent l'essentiel du plan de redressement des compensateurs synchrones. Elles indiquent quelles mesures correctives à appliquer et se veulent une orientation pour développer l'ingénierie de détails requise pour corriger les anomalies rencontrées et assurer la fiabilité des compensateurs pour les vingt prochaines années.

Les recommandations sont divisées en six parties principales:

7.1 Respect des lois et règlements

- 7.1.1 Certification comme appareils sous pression
- 7.1.2 Installation d'appareillage électrique vs hydrogène
- 7.1.3 Protection contre l'incendie

- 7.2 Remise à neuf / modernisation
- 7.3 Automatismes
- 7.4 Plans d'urgence
- 7.5 Ingénierie
- 7.6 Contrôle et suivi

7.1 Respect des lois et règlements

7.1.1 Certification comme appareils sous pression

Selon la Régie du bâtiment du Québec, les compensateurs synchrones sont considérés comme des appareils sous pression et doivent être inspectés et certifiés comme tel.

La démarche de certification a été entreprise il y a trois ans et plusieurs étapes sont terminées. Pour faire suite au dépôt d'une étude complète sur les compensateurs sous l'aspect pression et à plusieurs rencontres avec La Régie du bâtiment, une approbation de principe ¹¹ de conception a été obtenue pour l'ensemble des appareils. Nous recommandons que les actions qui suivent soient prises en charge par les régions.

Actions requises dans les plus brefs délais:

- Réaliser l'ingénierie des rampes d'hydrogène et des dépôts de CO₂ s'inspirant du modèle de la tuyauterie déjà approuvé par la Régie du bâtiment pour Manicouagan, du modèle du bâtiment de Lévis et modifier les équipements en conséquence.
- Dès que les dessins d'installation des portes d'accès additionnelles auront été approuvés par la Régie du bâtiment, procéder aux travaux.
- Réaliser l'ingénierie d'une nouvelle armoire des gaz en s'inspirant du modèle développé à Lévis pour la partie tuyauterie. L'armoire doit aussi être agrandie (voir 7.2.2.1.1) et l'équipement électrique doit être de classe 1, div. 2 (voir 7.1.2 et 7.1.3). À la suite de ces ingénieries exécuter les travaux proposés.

Une fois ceci terminé, les appareils devront être vérifiés, en bon état (peinture, etc.) et l'on devra procéder à une demande de certification en règle à la section locale de la Régie du bâtiment du Québec de chaque installation.

7.1.2 Installation d'appareils électriques à des endroits où il peut y avoir de l'hydrogène⁸

Bien que ces installations ne soient pas assujetties à la loi sur les installations électriques, nous recommandons d'appliquer au moins l'équivalent des mesures prescrites par le Code de l'électricité du Québec, pour assurer des installations sécuritaires pour les employés et l'équipement. Pour faciliter la compréhension des recommandations qui suivent, nous avons divisé les installations des compensateurs en zones et en emplacement: consulter le tableau 1 et la figure 1 pour nos secteurs:

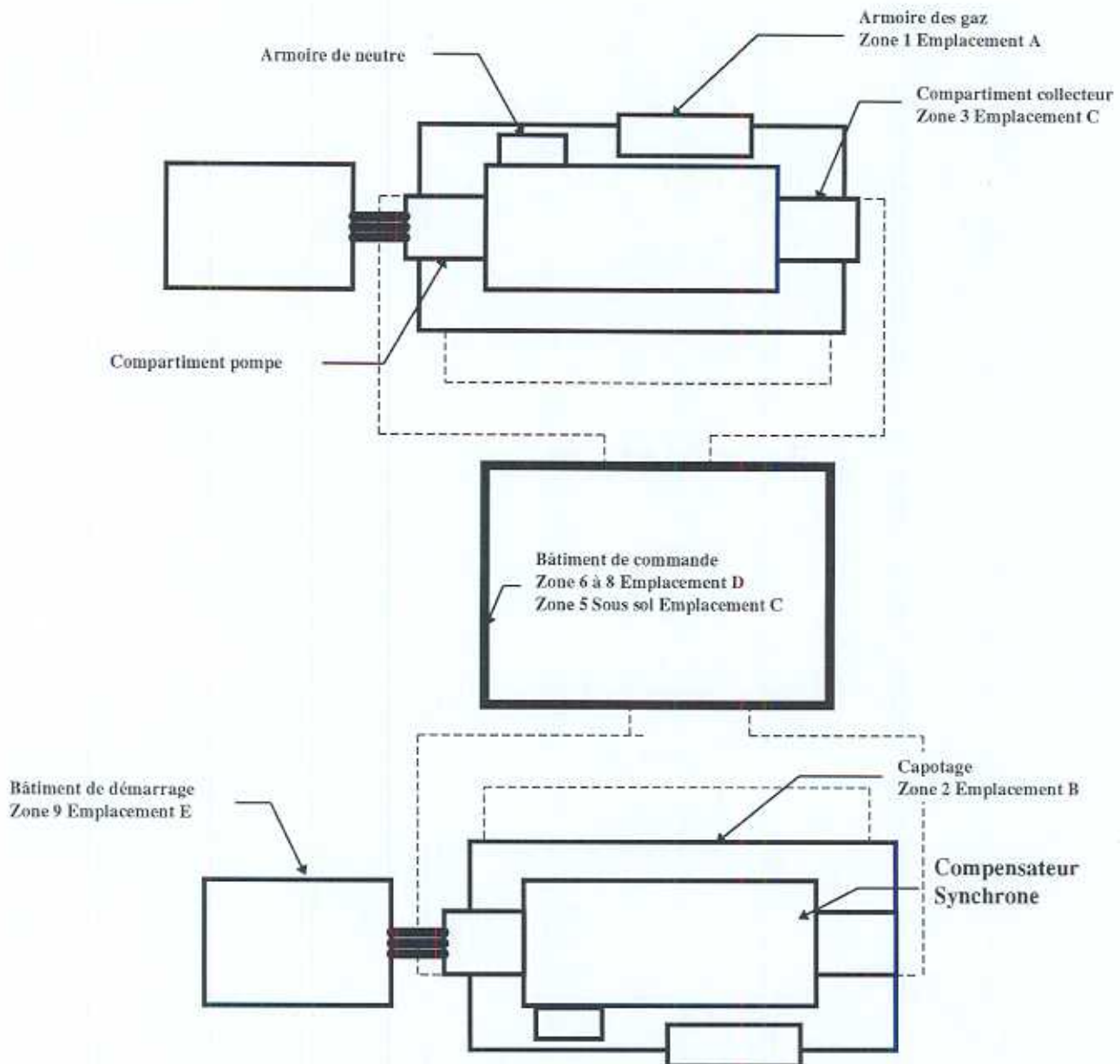


FIGURE 1: RÉPARTITION DES ZONES

TABLEAU 1: Regroupement des zones et emplacements

Emplacement	Zone	Description	Selon le code de l'électricité du Québec	
			Classification présente	Classification visée
A	1	Armoire des gaz	Classe 1, division 2	Classe 1, division 2
B	2	Capotage	Classe 1, division 2	Classe 1, division 2
	4	Tunnel d'accès au CS	Classe 1, division 2	Classe 1, division 2
C	3	Compart. du collecteur	Classe 1, division 2	Non dangereux *
	5	Sous-sol bât. de cde	Classe 1, division 2	Non dangereux
D	6	Salle des accumulateurs	Non dangereux	Non dangereux
	7	Salle de commande	Classe 1, division 2	Non dangereux
	8	Cage d'escalier	Non dangereux	Non dangereux
E	9	Bâtiment de démarrage	Classe 1, division 2	Non dangereux

7.1.2.1 Emplacement A - Armoire des gaz

L'emplacement A comporte l'armoire des gaz (zone 1). Due à la présence d'hydrogène dans la tuyauterie et l'équipement de l'armoire des gaz, cette zone sera toujours comme un emplacement dangereux de Classe 1, division 2. Les exigences suivantes sont requises pour rendre cet emplacement conforme au code:

- le scellement entre emplacement A et B doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex.: l'ouverture pour le passage de câbles dans le plancher);
- le système de ventilation doit être remplacé (ou modifié) par un système de ventilation mécanique à air sous pression provenant d'une source d'air pur (ex.: un ventilateur qui pousse de l'air pur dans l'armoire au lieu de tirer l'air contaminé vers l'extérieur);
- tout appareil électrique étant requis d'être approuvé pour la Classe 1, division 2 doit être aussi approuvé pour les gaz de Groupe B (ex. les luminaires doivent être Classe 1, Groupe B mais il n'est pas nécessaire que les solénoïdes qui ne comportent pas de contacts mobiles soient de type antidéflagrants);
- le câblage et son scellement aux appareils devant être approuvés pour la classe 1, division 2 doivent satisfaire les sections 18-152 et 18-154 du code (ex. pour le câblage avec du câble régulier d'un appareil requis d'être antidéflagrant, le câble doit être scellé avec un dispositif de scellement au point d'entrée dans l'appareil).

7.1.2.2 *Emplacement B - Capotage et tunnel d'accès*

Vue que le contenu du capotage (zone 2) et le contenu du tunnel d'accès (zone 4) sont très semblables et qu'un lien entre les deux zones est nécessaire, l'emplacement B comporte les deux zones. Dû à la présence d'hydrogène dans la tuyauterie et l'équipement du capotage et du tunnel d'accès, cet emplacement sera toujours comme un emplacement dangereux de classe 1, division 2. Les exigences suivantes sont requises pour rendre cet emplacement conforme au code:

- le scellement entre l'emplacement A et B doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex. l'ouverture pour le passage des câbles vers l'armoire des gaz);
- le scellement entre l'emplacement B et C doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex. l'ouverture pour le passage des câbles vers le compartiment du collecteur);
- le scellement entre l'emplacement B et D doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex. remplacement du cadrage de la porte pour la rendre hermétique et coupe-feu, modification de la porte de façon à ce qu'elle ferme automatiquement et scellement du passage des étagères à câbles et des tuyaux à travers le mur en blocs de béton);
- tous les chemins de câbles qui traversent dans l'emplacement B doivent être scellés au point d'entrée et sortie pour éviter l'infiltration de gaz à un autre emplacement (ex. le passage des conduits dans le massif et le passage des étagères à câbles doivent être scellés);
- un système de ventilation mécanique doit être ajouté au capotage pour évacuer l'air vers l'extérieur en tout temps et le système d'évacuation d'air du tunnel d'accès doit être modifié de façon à ce qu'il soit toujours en fonction;
- tout appareil électrique étant requis d'être approuvé pour la classe 1, division 2 doit aussi être approuvé pour les gaz de groupe B (ex. les luminaires, les détecteurs d'huile et l'interrupteur de niveau d'huile doivent être approuvés classe 1, groupe B);
- le câblage et le scellement des appareils qui doivent être approuvés pour la classe 1, division 2 doivent satisfaire les sections 18-152 et 18-154 du code (ex. pour le câblage avec du câble régulier d'un appareil étant requis d'être antidéflagrant, le câble doit être scellé avec un dispositif de scellement au point d'entrée dans l'appareil).

7.1.2.3 Emplacement C - Compartiment du collecteur

L'emplacement C comprend le compartiment du collecteur (zone 3). Présentement, cet emplacement est considéré dangereux (classe 1, division 2) seulement lorsque le compensateur synchrone n'est pas en fonction et si jamais il y a une fuite d'hydrogène du compensateur synchrone (elle s'échappera via les flasques du C.S. et possiblement du capotage). Lorsque le compensateur synchrone est en fonction, ce bâti est très bien aéré par le système de ventilation qui refroidit le collecteur mais lorsqu'il est arrêté, il n'y a pas de ventilation. Pour que l'emplacement C ne soit plus considéré comme un endroit dangereux, tel que classifié dans la section 18 du code de l'électricité, les exigences suivantes sont requises:

- le scellement entre l'emplacement B et C doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex. l'ouverture pour le passage des câbles au plancher vers le capotage);
- un système de ventilation mécanique à air sous pression provenant d'une source d'air pur doit être ajouté au compartiment du collecteur de manière à ce que si le compensateur synchrone est arrêté, ce système empêchera une concentration dangereuse d'hydrogène;
- un détecteur d'hydrogène doit être installé dans l'emplacement C. Lorsque la concentration d'hydrogène atteint 40% de la limite inférieure d'explosion (2% hydrogène par rapport au volume d'air) le C.S. doit être arrêté et s'il n'est pas déjà en fonction, il ne doit pas être démarré.

7.1.2.4 Emplacement D - Bâtiment de commande

Le sous-sol du bâtiment de commande (zone 5), la salle des accumulateurs (zone 6), la salle de commande (zone 7) et la cage d'escalier (zone 8) font partie de l'emplacement D vu qu'ils sont tous à l'intérieur du bâtiment de commande. Pour que l'emplacement D ne présente pas des conditions dangereuses, tel que classifié dans la section 18 du Code de l'électricité, les exigences suivantes sont requises:

- le scellement entre l'emplacement B et D doit être modifié de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées (ex.: améliorations au scellement du cadrage de la porte, modification de la porte de façon à ce qu'elle ferme automatiquement et scellement du passage des étagères à câbles et des tuyaux à travers le mur en blocs de béton);
- le système de ventilation doit être remplacé (ou modifié) par un système de ventilation mécanique à air sous pression provenant d'une source d'air pur; aussi, il doit assurer en tout temps une pression positive dans l'emplacement D;
- le ventilateur d'évacuation du réservoir d'huile doit être modifié de manière qu'il soit sous surveillance et en fonction en tout temps pour empêcher une concentration dangereuse d'hydrogène dans le réservoir et pour éliminer toute possibilité de fuite de gaz dans l'emplacement D.

7.1.2.5 Emplacement E - Bâtiment de démarrage

L'emplacement E comprend le bâtiment de démarrage (zone 9). Pour que cet emplacement ne soit pas classé emplacement dangereux, tel que classifié dans la section 18 du Code de l'électricité, les exigences suivantes sont requises:

- un système de ventilation mécanique à air sous pression provenant d'une source d'air pur doit être ajouté. Le système doit aussi assurer en tout temps une pression positive dans le bâtiment de démarrage;
- un système de ventilation doit être ajouté au compartiment de raccordement des barres sur le compensateur synchrone de manière à ce qu'il évacue l'air vers l'extérieur. Ce système devra être sous surveillance et en fonction en tout temps pour empêcher une concentration dangereuse d'hydrogène dans le compartiment de raccordement et pour éliminer toute possibilité de fuite de ces gaz dans l'emplacement E;
- un détecteur d'hydrogène doit être installé dans le compartiment de raccordement des barres blindées de manière à ce que le compensateur synchrone soit arrêté lorsque la concentration d'hydrogène atteint 40% de la limite inférieure d'explosion (2% hydrogène par rapport au volume d'air).

Toutes ces modifications entraînent la réévaluation des différents systèmes déjà existants (ex.: chauffage, évacuation d'air lors des opérations des disjoncteurs 42, etc.)

7.1.2.6 Autre emplacement - Armoire de neutre

Pour que cet emplacement ne soit pas classé emplacement dangereux, tel que classifié dans la section 18 au Code de l'électricité, les exigences suivantes sont requises:

- un système de ventilation mécanique doit être ajouté à l'armoire pour évacuer l'air vers l'extérieur en tout temps;
- le scellement entre l'armoire de neutre et tous les chemins de câbles qui y traversent de manière à ce que les possibilités d'infiltration soient minimisées;
- un détecteur d'hydrogène doit être installé dans l'armoire. Lorsque la concentration d'hydrogène atteint 40% de la limite inférieure d'explosion (2% d'hydrogène par rapport au volume d'air) le C.S. doit être arrêté et s'il n'est pas déjà en fonction, il ne doit pas être démarré.

7.1.2.7 Compartiment pompe et paliers

Pour que cet emplacement ne soit pas classé emplacement dangereux, tel que classifié dans la section 18 au Code de l'électricité, les exigences suivantes sont requises:

- le système de ventilation doit être modifié ou remplacé par de la ventilation mécanique de façon à permettre l'évacuation de l'air vers l'extérieur;
- un détecteur d'hydrogène doit être installé dans l'armoire. Lorsque la concentration d'hydrogène atteint 40% de la limite inférieure d'explosion (2% d'hydrogène par rapport au volume d'air) le C.S. doit être arrêté et s'il n'est pas déjà en fonction, il ne doit pas être démarré.

7.1.2.8 Salle des batteries

La ventilation actuelle de cette salle n'est pas conforme aux normes actuelles. Il y aura lieu de réévaluer l'ensemble du système lors des travaux d'ingénierie.

7.1.2.9 Général

En plus des exigences mentionnées dans les paragraphes précédents, il est suggéré d'incorporer un système de surveillance pour les détecteurs et les systèmes de ventilation dû à leur grand nombre.

Ce dernier devra également vérifier que la pression d'air de l'emplacement D est toujours supérieure à celle de l'emplacement B.

Les défauts de fonctionnement de ces systèmes devront être supervisés et intégrés à la commande et à la protection des compensateurs synchrones et les déclencher en cas de danger.

7.1.3 Protection incendie

Nous avons consulté les gens du service Prévention Incendie/Direction Protection, ceux de Gestion des Risques et des Assurances/Direction Gestion Financière ainsi que ceux du service de Santé.

Les défauts de fonctionnement de ces systèmes devront être supervisés et intégrés à la commande et à la protection des compensateurs synchrones et les déclencher en cas de danger.

De plus, les alarmes et autres informations concernant l'état des appareils où des locaux doivent être regroupés à un endroit où la personne responsable peut se rendre, en situation d'urgence, sans risquer inutilement sa vie, sont disponibles.

Un rapport a été préparé par le groupe Protection Incendie ⁹ nous proposant les modifications suivantes dans le but d'assurer la sécurité dans les installations des compensateurs lors de situations d'incendie ou de détection d'hydrogène.

Lors de l'ingénierie sur la protection incendie des C.S., il sera important de consulter les recommandations sur le respect des codes et normes électriques. De façon générale, tous les équipements électriques utilisés pour la détection, l'extinction ou la ventilation devront être de classe 1, division 2 même si les espaces d'utilisation de ces équipements ne sont pas nécessairement régis par cette classe. (réf. 7.1.2 et 7.1.3)

7.1.3.1 Bâtiment de commande

- Nous recommandons d'installer un système de détection et d'alarme d'incendie dans le bâtiment de commande, son sous-sol et les galeries d'accès sous les C.S. Cette protection passive d'incendie nous permettra de signaler rapidement une anomalie assurant une intervention adéquate dès le début d'un incendie.
- La détection d'hydrogène tant du point de vue de sa concentration (explosimètre) que de sa présence devra être améliorée. L'addition de nouveaux détecteurs ou la relocalisation de certains autres devront être pris en considération. Les endroits visés par ces améliorations sont la salle de commande et son sous-sol, la salle des accumulateurs, les galeries d'accès sous les C.S. et la cage d'escalier.
- Ces systèmes de détection devront être intégrés à la commande et à la protection des C.S. En cas d'incendie ou lorsque la concentration d'hydrogène atteint 40% de la limite inférieure d'explosivité, ces systèmes devront, entre autres, provoquer l'arrêt des C.S. et la coupure d'alimentation en hydrogène.
- La ventilation du bâtiment de commande des C.S. doit être réévaluée en tenant compte des aspects suivants: (voir 7.1.2);
- L'utilisation de ventilation mécanique indépendante de la ventilation des équipements assurant des changements d'air même à l'arrêt des C.S.;
- Les équipements électriques associés à cette ventilation doivent être antidéflagrants;
- L'alimentation en air frais et sa distribution devront assurer un balayage de l'air dans toute la surface des pièces concernées;

- L'évacuation de l'air vers l'extérieur devra être réalisée par des conduits de distribution afin d'assurer le balayage complet de la pièce et l'évacuation efficace de l'hydrogène;
- Une pression positive doit être assurée en tout temps entre le bâtiment de commande et les galeries d'accès sous les C.S.;
- Un système de surveillance des équipements de ventilation doit superviser de leur bon fonctionnement:
 - Salle de commande et sous-sol;
 - Salle des batteries;
 - Galerie d'accès sous les C.S.
- En plus de l'installation d'une ventilation adéquate, lorsqu'il y a possibilité de confinement de l'hydrogène, installer des dispositifs sensibles de détection.

7.1.3.2 Capotage et armoire des gaz

- Des systèmes d'incendie ne sont pas requis dans ces endroits. Cependant, une détection d'hydrogène est recommandée. Ces détecteurs de gaz devront être localisés judicieusement afin de s'assurer d'une protection efficace. Avant de pénétrer dans ces espaces, il faudra s'assurer qu'il n'y a pas d'alarme de détection d'hydrogène. Dans le cas contraire, les procédures d'urgence en vigueur devront être appliquées.
- Des systèmes de ventilation mécanique devront être conçus afin d'assurer un changement d'air en tout temps dans ces espaces. La qualité de distribution d'air, le différentiel de pression entre les appartements et la surveillance de fonctionnement des systèmes sont requis tel que pour le bâtiment de commande.

7.1.3.3 Bâtiment de démarrage

- Il faudra modifier ou installer des systèmes d'incendie actifs de type gazeux. Dans les installations où un système au halons a été installé ¹⁵ l'ingénierie devra prévoir les modifications nécessaires pour utiliser des agents alternatifs (Les gaz de remplacement recommandés sont principalement le CEA 410 de la compagnie 3M ou le FM 200 ¹³

¹⁵ Gestion des substances appauvrissant la couche d'ozone utilisées dans les installations d'hydro Québec

¹³ Lettre de la Direction Service Santé (17 juin 1995)

- De plus, il faudra prévoir le drainage de l'huile du transformateur de démarrage en cas d'ouverture de la cuve de celui-ci, vers le bassin de récupération du transformateur de puissance.

7.2 Remise à neuf / Modernisation

L'aspect remise à neuf / modernisation dans ce document ne se veut pas une réflexion générale sur les besoins de moderniser ou de remettre à neuf les compensateurs et leurs périphériques, mais plutôt une orientation spécifique découlant des problèmes et des expériences vécus sur les équipements incluant le besoin de respecter les codes et normes actuellement en vigueur.

Les orientations d'ingénierie qui suivent pourront être priorisées et se regrouper différemment selon les besoins de chaque secteur.

7.2.1 Généralités

Traisons d'abord les sujets d'ordre général des remises à neuf. Il a été convenu avec les représentants des secteurs que les énergies nécessaires à la mise à jour et à la personnalisation des items qui suivent seront dévolues au premier secteur qui effectuera une remise à neuf. Celui-ci devra donc inclure à ces mandats d'ingénierie une demande élargie afin de transmettre ces informations aux autres secteurs.

Voici la liste des items concernés:

- La mise à jour de la liste des pièces de rechange et de la liste d'outillages utilisés lors des réfections incluant l'inventaire, l'entreposage, l'évaluation de l'état ainsi que l'addition possible d'outillage;
- L'ingénierie de conception commune à tous les C.S. de la province et la fabrication d'un abri temporaire adjacent au compensateur lors des travaux de remise à neuf;
- L'ingénierie commune à toutes les installations et la fabrication d'une base de béton à l'intérieur de l'abri permettant l'exécution des travaux sur le rotor lors de la remise à neuf;

- L'élaboration d'un échéancier des travaux et des documents de contrôle de la qualité et d'essais de la remise à neuf.

7.2.2 Systemes

Les sujets qui suivent ont été classifiés par système. Notons que les items concernant la certification, le respect des codes et normes et la protection incendie ont été exclus de ce classement et se retrouvent sous leur propre thème.

Voici l'élaboration des sujets par système:

- Compensateur (moteur);
- Systemes de refroidissement;
- Systemes de lubrification;
- Rampe d'hydrogene et dépôt de CO₂;
- Equipements électriques;
- Systeme d'acquisition de données.

7.2.2.1 *Compensateur (moteur)*

7.2.2.1.1 Armoire des gaz

L'armoire des gaz sera revue dans son ensemble pour s'assurer du respect des codes et normes ainsi que pour la certification de la tuyauterie (ref. 7.1). À travers ces travaux, il faudra revoir la localisation de l'armoire afin d'assurer l'entretien adéquat des échangeurs hydrogene/glycol et introduire diverses composantes dans la tuyauterie pour assurer les fonctions suivantes:

- La mesure du débit d'hydrogene dans l'enceinte afin d'avoir le plein contrôle sur l'hydrogene lors de l'exploitation des C.S. Ce système de mesure devra tenir compte des fluctuations de débit occasionnées par l'ouverture de la valve régulatrice de débit qui alimente l'enceinte et par le système de purge automatique qui maintiendra la pureté de l'hydrogene dans l'enceinte;
- Un système de contrôle automatique de l'hydrogene devra être défini et incorporé à l'armoire des gaz afin d'assurer le contrôle de la pureté de l'hydrogene en tout temps, dans le cadre de la télécommande des C.S. (Se référer à l'installation de Lévis);

- L'arrangement général de la tuyauterie devra tenir compte de la possibilité d'isoler la tuyauterie de l'armoire des gaz sans avoir à vidanger l'hydrogène de l'enceinte des C.S.; ainsi que la possibilité d'injecter du CO₂ par un montage permanent, dans les composantes de l'armoire afin d'effectuer les travaux en toute sécurité;
- Enfin, le transmetteur "Foxboro" ainsi que la robinetterie d'hydrogène sous le capotage des C.S. devront être relocalisés dans l'armoire des gaz assurant ainsi un minimum de possibilité de fuites d'hydrogène sous le capotage.

7.2.2.1.2 Flasques, paliers et joints d'étanchéité

Un système de mesures des vibrations aux paliers doit être installé. Ce système doit relever les déplacements de l'arbre sur trois axes (0° - 90° et axial) du côté pompe et sur deux axes (0° et 90°) du côté collecteur des C.S. L'ingénierie de cette installation devra tenir compte des problèmes actuels de fuite d'huile dans les B.J. de raccordement de ces équipements et des normes et codes en vigueur sous le capotage. Ces problèmes de fuite d'huile sont aussi présents aux sondes de température des paliers.

Lors des réfections de Manicouagan et Lévis, une détérioration importante a été notée au régime des paliers associés à une augmentation du jeu de ceux-ci. On a aussi noté une baisse de la pression d'huile au palier à travers les années. Il faudra donc prévoir la remise à neuf des paliers lors des travaux.

7.2.2.1.3 Rotor - Stator

Le type de ressort employé pour le maintien du serrage des cales des barres du stator est une bande de caoutchouc et ce type de calage ne dure pas dix ans, dans des alternateurs conventionnels. Seul, le fait que la charge soit peu élevée, en général, a permis de durer plus longtemps sur les compensateurs synchrones.

Lors de la réfection majeure de 1989, on a constaté que des coins interpolaires du rotor étaient relâchés sur le C.S. 31 du poste Lévis. Il est très difficile d'en mesurer l'état, mais sur des compensateurs de la première génération, comme Duvernay, un bon resserrage est indiqué pour éviter des problèmes de déséquilibre et de bris majeurs. Ceci implique le remplacement, si nécessaire, des boulons et coins endommagés.

Pour nous assurer que les compensateurs peuvent fonctionner avec fiabilité, à pleine puissance, nous recommandons un recalage complet des compensateurs, une vérification détaillée des barres du stator, un resserrage des coins interpolaires, une remise à neuf des pôles, et enfin, une remise en état complète de tous les composants internes de la partie moteur.

7.2.2.2 Systèmes de refroidissement

7.2.2.2.1 Contrôles

Lors de l'ingénierie, l'ensemble des contrôles de température des systèmes de refroidissement doit être revu et harmonisé. L'utilisation d'un automate contrôlant des boucles de régulation gérant les ventilateurs des échangeurs air/glycol, l'ouverture de la valve de dérivation du glycol vers les réservoirs de chauffage du glycol, les contrôles de température du glycol et de l'huile en fonction de l'état de fonctionnement des C.S. incluant le démarrage devra être considéré.

L'ensemble de ces corrections évitera les délais lors de la mise en exploitation des C.S. et assurera un fonctionnement adéquat des systèmes d'huile et de glycol.

7.2.2.2.2 Unité de pompage

Le système de pompage du glycol devra être réaménagé afin d'assurer un transfert automatique vers la pompe de relève lors d'un bris de la pompe principale de l'un ou l'autre des C.S. Cette correction éliminera les déclenchements des C.S. lors de mauvais fonctionnement des unités de pompage du glycol.

7.2.2.2.3 Échangeurs air/glycol

L'accès aux échangeurs air/glycol devra être rendu sécuritaire en installant des passerelles d'accès, des gardes de corps et des grilles de protection aux ventilateurs. Les installations effectuées à Manic et Lévis devront être considérés dans l'élaboration de l'ingénierie.

De plus, le réservoir d'expansion de ces échangeurs devra être équipé d'un système de détection d'hydrogène à l'évent du réservoir permettant ainsi de s'assurer de l'intégrité des échangeurs hydrogène/glycol sous le compensateur.

Le débitmètre à palette actuel du glycol devra être remplacé par un système de détection du débit par pression différentielle dont l'alarme de bas d'évent sera instantanée et le déclenchement des C.S. temporisé. Cette modification évitera les déclenchements intempestifs des C.S., par mauvaise détection du débit du glycol.

7.2.2.3 Systèmes de lubrification

7.2.2.3.1 Système des joints

Le système de pompage du circuit des joints devra être modifié afin d'obtenir une pompe indépendante pour chaque C.S. Une troisième pompe, commune aux deux C.S., alimentée par moteur électrique "CC" devra prendre la relève en cas de défaut de l'un ou l'autre des systèmes de pompage des joints. Les installations effectuées à Manic devront être considérées dans l'élaboration de l'ingénierie.

7.2.2.3.2 Système des paliers

La vibration excessive de la tuyauterie du système de graissage des C.S. associée à la pompe en bout d'arbre devra être corrigée en abaissant le niveau de succion à l'entrée de cette dernière. L'ingénierie de cette modification devra tenir compte de la possibilité d'installer une unité de pompage basse pression (20 lbs/po²) pour alimenter la pompe en bout d'arbre. Ce type de modification temporaire a été essayé à Duvernay et a corrigé complètement le problème de vibration.

7.2.2.3.3 Système de soulèvement

Les contrôles du système de soulèvement de l'arbre des C.S. devront être modifiés afin d'incorporer le fonctionnement de l'injecteur d'huile à l'arrêt de ceux-ci. Ces contrôles devront tenir compte de l'importance de soulever l'arbre jusqu'à l'arrêt complet du rotor, peu importe le type d'arrêt. Cette modification évitera l'usure prématurée des paliers.

De plus, deux modifications mineures devront être apportées à la tuyauterie. L'une pour interconnecter les systèmes de pompes de soulèvement de deux C.S. afin d'augmenter la fiabilité au démarrage; l'autre pour alimenter les systèmes directement du réservoir d'huile "RV1".

7.2.2.3.4 Système de filtration

Un système de filtration en dérivation devra être additionné sur le réservoir "RV1" afin d'assurer une qualité adéquate de l'huile de lubrification. L'ingénierie de ce système devra s'appuyer sur les spécifications de la filtration normalisée utilisée pour les systèmes oléopneumatiques dans les centrales. La filtration actuelle en série sur le circuit de lubrification devra être réévaluée lors de cette ingénierie en s'inspirant du système développé à la région Manicouagan.

7.2.2.3.5 Réservoir d'huile "RV1"

Le réservoir d'huile du système de lubrification "RV1" devra être isolé thermiquement. Cette isolation devra tenir compte de la présence d'hydrogène à l'intérieur du réservoir afin de ne pas emprisonner de gaz entre le réservoir et l'isolation.

Une indication de la température de l'huile dans le réservoir devra être installée au panneau de commande des C.S.

Enfin, les garnitures de la tuyauterie d'huile devront être sélectionnées pour résister à la présence d'hydrogène dans l'huile. Cette sélection particulière devra corriger les nombreuses fuites actuellement relevées sur les compensateurs.

7.2.2.4 Rampe d'hydrogène et dépôt de CO₂

Les installations d'alimentation en hydrogène des compensateurs devront être protégées des intempéries par un abri. L'ingénierie de cet abri pourra être inspiré par l'installation effectuée au poste Lévis en 1993, puisque ce bâtiment est conforme aux codes et normes en vigueur. Lors de ces travaux, les installations du dépôt de CO₂ devront être relocalisées et harmonisées avec la rampe d'hydrogène.

Une indication de basse pression des remorques d'hydrogène devra être prévue et transmise à la salle de commande.

7.2.2.5 Équipements électriques

7.2.2.5.1 Ajout de disjoncteurs 300 kV (Lévis et Duvernay)

La possibilité d'ajouter des disjoncteurs haute tension dans certains postes pour améliorer la flexibilité de manoeuvre, doit être validée et demandée à Exploitation.

7.2.2.5.2 Appareillage 735, 300 et 16 kV

Tout l'appareillage 735, 300 et 16 kV doit être revu et remis en bon état de fonctionnement pour leur assurer une vie utile d'au moins vingt ans. Ceci en conformité avec les normes actuelles.

- **Disjoncteur de démarrage des C.S.**

Tous les disjoncteurs 42 auront au moins vingt-cinq ans d'usage depuis leur mise en service si le programme débute en 1997. La remise à neuf de ces disjoncteurs est déjà effectuée sur ceux de la région Manicouagan et sur le CS31 du poste Lévis.

Par conséquent, il faut donc prévoir des remises à neuf sur tous ces disjoncteurs au même rythme que les travaux majeures des compensateurs synchrones et prévoir le remplacement systématique des isolateurs de support et des joints d'étanchéité ¹⁴

La remise à neuf des disjoncteurs de champ de freinage et de neutre devra être effectuée également.

7.2.2.5.3 Services auxiliaires C.A. et C.C.

- **Batteries et chargeurs:**

Réévaluer la capacité des batteries et chargeurs en fonction des nouvelles normes d'autonomie et en considérant les besoins en commande et protection séparément des besoins en force motrice.

¹⁴ Lettre du 13 mai 1991 de Jacques Caron

- **Service auxiliaire C.A. 600 volts**

Pour régler les différents problèmes de fiabilité, de flexibilité et répondre aux nouvelles exigences du code de sécurité des travaux, nous recommandons le remplacement des disjoncteurs 600 volts actuels par des disjoncteurs débrochables à commande électrique incluant la permutaison automatique.

- **Alimentation d'urgence**

Pour l'alimentation des charges requises en tout temps pour le fonctionnement sécuritaire des C.S., il faudra prévoir la disponibilité d'une source d'urgence "assurée".

Charges prévues: système de ventilation obligatoire en tout temps, pompe de secours, chargeurs à batteries, etc. (référer aux recommandations 7.1.2 et 7.1.3 pour les besoins)

7.2.2.6 Système d'acquisition de données

Les compensateurs étant des équipements stratégiques sur le réseau, l'importance de s'assurer en tout temps de l'état ou de l'évolution de problèmes sur les composants des C.S. est majeure. De plus, l'aspect sécurité associé à l'utilisation de l'hydrogène comme agent de refroidissement du rotor/stator exige que l'on possède tous les intrants d'analyse pour s'assurer de l'exploitation sécuritaire des C.S. surtout en téléconduite.

L'installation de systèmes d'acquisitions de données et d'analyses permettant le suivi des paramètres importants des C.S. et le diagnostic du comportement de leur équipement est recommandé.

Dans l'optique de l'utilisation des systèmes SICC et ALCID pour la commande et la protection des C.S., considérer lors de l'ingénierie, l'installation d'un système d'acquisition "SUPER".

7.3 Automatismes

Voici un extrait du rapport du groupe de travail Automatismes sur les recommandations à court et long terme⁶.

7.3.1 Recommandations à court terme

7.3.1.1 *Commande*

- Épurer des alarmes selon les besoins de l'Exploitation (concertation pour avoir les mêmes alarmes dans tous les postes).
- Préparer la formation (Décrire les séquences et mettre à jour les schémas logiques).
- Changer les ressorts des relais P8 qui sont toujours alimentés.
- Superviser des démarrages et arrêts par le personnel d'entretien pour cibler l'entretien
- Voir si les modifications réalisées s'appliquent à tous les postes

7.3.1.2 *Protection*

- Ajouter un enroulement pour la protection différentielle du poste Abitibi.
- Voir si les modifications réalisées s'appliquent à tous les postes.

7.3.1.3 *Régulation*

- Faire l'inventaire des pièces de réserve et commander, s'il y a lieu.
- Mettre en service la commande globale à Duvernay et Lévis.
- Régler l'alarme du circuit de poursuite - poste Abitibi.
- Procédure d'entretien: terminer celle de Duvernay/Lévis, et en faire pour Manic et Abitibi.
- Effectuer l'entretien (vérification des gains et limiteurs pour les postes Abitibi, Lévis, Manic).
- Solutionner le problème de détection de conduction (Lévis/Duvernay).
- Préparer de la formation (Abitibi/Manic)

7.3.1.4 *Auxiliaire*

- Réviser la méthode de permutation manuelle (la protection a dû être modifiée).

7.3.2 Recommandations à long terme

7.3.2.1 Commande

- Commutateur 43 à remplacer
- Relais à gradin à remplacer (disponibilité des pièces de réserve).
- Annonceur/télé-annonceur poste Duvernay
- Remplacement avec la technologie SICC/ALCID (compatibilité avec l'équipement existant)
- Remplacement des câbles de calibre trop petit (poste Abitibi)

7.3.2.2 Protection

- Ajout de points d'ECE pour chaque relais de protection qui initieront les relais de déclenchement
- Ajout de protection de barre pour les postes Duvernay/Lévis
- Étude de coordination de protection et voir au remplacement, si nécessaire. Lors de problème de coordination (ex.: protection de transformateur d'excitation poste Abitibi)
- Étude de protection pour le transformateur de démarrage (pas de protection. de température)
- Remplacement des protections si les relais ne sont plus disponibles

7.3.2.3 Régulation

- Changement des régulateurs si remise à neuf des CS. (Disponibilité des pièces de rechange)

7.3.2.4 Auxiliaire

- Remplacement des oscilloperturbographes par des oscilloperturbographes lents maintenant utilisés dans les centrales
- Relocaliser chargeur si remise à neuf du Civil
- Bâtiment trop petit (qualité de travail). Lors d'arrêt planifié, trop de personnel qui travaille en même temps
- Boîte de jonction pleine, toute mêlé (cmde, alarmes, ECE) manque de BJ
- Remise à neuf des panneaux (SICC/ALCID, protection statique panneau plus petit et possibilité de récupérer de l'espace
- Réévaluer la capacité des batteries cc (pompe CC)
- Alimentation CC selon NPCC

7.4 Plans d'urgence

Des installations complexes comme celles des compensateurs synchrones exigent la préparation de plan d'urgence tenant compte de toutes les possibilités d'événements où il existe des dangers pour le personnel et pour l'équipement.

À la suite des changements qui seront apportés au C.S. à la ventilation, à la détection d'hydrogène et à la protection incendie, il sera nécessaire de revoir tous les plans d'urgence existants et d'en développer là où il n'y existe pas.

7.5 Ingénierie

La réalisation des travaux visant à rendre les compensateurs plus sécuritaires et plus fiables nécessite une ingénierie globale qui permet d'en considérer tous les aspects. L'importance d'une ingénierie globale de taille complète prend tous son sens lorsque l'on sait que les compensateurs sont des équipements stratégiques sur le réseau et qu'ils sont des appareils soumis à des lois et règlements tel que le code des vaisseaux sous pression, le code électrique particulièrement en ce qui concerne l'utilisation de l'hydrogène etc..

De plus, des plans complets et mis à jour augmentent l'efficacité d'interventions sur les équipements lors de réparations et diminuent le risque d'erreur provoquant souvent des indisponibilités sur le réseau.

Nous recommandons que les secteurs impliqués associent avec la région Maisonneuve qui est actuellement en étude d'avant projet pour la remise à neuf des C.S. de Duvernay. Il y aura une économie importante pour ces dernières à profiter de cette ingénierie déjà réalisée et de la faire adapter à leur installation.

7.6 Contrôle et suivi

Une des raisons qui nous a amené à faire un plan de redressement, c'est que les nombreuses anomalies relevées dans le passé n'ont pas reçu l'encadrement nécessaire pour en arriver à leur finalité.

Il faut donc établir un moyen de contrôle et de suivi pour nous assurer que les recommandations sont appliquées réellement et efficacement et ce, dans les délais prévus à leur réalisation.

Des investissements de cette envergure, jumelés à l'aspect uniformisation provinciale des installations des compensateurs, à l'aspect sécurité et respect des lois et règlements nous amène à recommander la formation d'une équipe dont le mandat serait de s'assurer que les recommandations sont appliquées intégralement tout en coordonnant les informations pertinentes à ces travaux de redressement. Cette équipe devra émettre des rapports sur l'avancement des travaux et tenir des réunions au besoin.

8.0 ÉCHÉANCIER ET ESTIMATIONS DES COÛTS

REMARQUE:

Une révision des coûts a été effectuée le 17 nov.1995 à la suite de la présentation des estimations budgétaires par le Groupe Équipement sur l'avant projet de remise à neuf des Compensateurs Synchrones de Duvernay demandé par le Secteur Mirabel.

Ces nouveaux coûts sont en dollars de réalisation et inclus les frais d'administration, de gestion du projet ainsi que les intérêts.

Veillez prioriser les tableaux révisés le 17 nov.95.

- 8.1 - Échéancier proposé
- 8.2 - Estimation Budgétaire
 - 8.2.1 - Ingénierie
 - 8.2.2 - Sécurité des compensateurs
 - 8.2.3 - Remise à neuf des compensateurs
 - 8.2.4 - Modernisation
 - 8.2.5 - Automatisation
- 8.3 - Résumé des estimations budgétaires

Note: Les estimations fournies dans la section 8.0 préliminaire sont des coûts directs associés aux travaux cités et n'inclus donc pas les frais d'administration, d'intérêts, de gestion du projet ainsi que d'actualisation des dollars.

8.1 ÉCHÉANCIER PROPOSÉ

ÉCHÉANCIER PROPOSÉ RÉPARTITION SUR HUIT (8) ANS DU PLAN DE REDRESSEMENT DES COMPENSATEURS SYNCHRONES

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
MAISONNEUVE								
CS1								
CS2	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ + R. À NEUF SÉCURITÉ	SÉCURITÉ + R. À NEUF					
CS3				R. À NEUF				
MANICOUAGAN								
CS23 **	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ				MODERNISATION	
CS24						R. À NEUF		
MAURICIE								
CS31 *	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ					MODERNISATION
CS32					R. À NEUF			
SAGUENAY								
CS1	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ				R. À NEUF	
CS2			SÉCURITÉ					R. À NEUF

* CS31 RÉFECTION EFFECTUÉE EN 1989 (LÉVIS)

** CS23 RÉFECTION EFFECTUÉE EN 1990 (MANIC)

8.2 ESTIMATION PROPOSÉ

ESTIMATION BUDGÉTAIRE EN DOLLARS 1995 RÉPARTITION DES COÛTS DU PLAN DE REDRESSEMENT DES COMPENSATEURS SYNCHRONES SUR HUIT (8) ANS

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
MAISONNEUVE	1 000 000 \$	5 802 000 \$	4 916 000 \$	4 831 000 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
CS1								
CS2	INGÉNIERIE	SÉC.+RÉP.+AUTOM.+MOD. SÉCURITÉ	SÉC.+RÉP.+AUTOM.+MOD.	RÉP. + MOD. + AUTOM.				
CS3								
MANICOUAGAN	300 000 \$	827 500 \$	827 500 \$	0 \$	0 \$	3 652 000 \$	1 095 000 \$	0 \$
CS23	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ			RÉP. + MOD. + AUTOM.	MODERN. + AUTOM.	
CS24								
MAURICIE	300 000 \$	887 000 \$	887 000 \$	0 \$	3 611 000 \$	0 \$	0 \$	1 716 000 \$
CS31	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ		RÉP. + MOD. + AUTOM.			MODERN. + AUTOM.
CS32								
SAGUENAY	300 000 \$	752 500 \$	752 500 \$	0 \$	0 \$	0 \$	3 844 000 \$	3 844 000 \$
CS1	INGÉNIERIE	SÉCURITÉ	SÉCURITÉ				RÉP. + MOD. + AUTOM.	
CS2								
TOTAL	1 900 000 \$	8 189 000 \$	7 303 000 \$	4 031 000 \$	3 611 000 \$	3 652 000 \$	4 961 000 \$	5 582 000 \$

TOTAL MAISONNEUVE	15 749 000 \$
TOTAL MANICOUAGAN	6 702 000 \$
TOTAL MAURICIE	7 241 000 \$
TOTAL SAGUENAY	9 537 000 \$

TOTAL SUR HUIT (8) ANS	39 229 000 \$
------------------------	---------------

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

(Milliers de dollars de réalisation)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
MAISONNEUVE	1 600 \$	8 400 \$	6 400 \$	4 900 \$				
CS1			R.à N.+TRAV.PRIO.					
CS2	ING.	R.à N.+TRAV.PRIO.						
CS3		TRAV.PRIO		R.à N.				
MANICOUAGAN	450 \$	1 625 \$	1 625 \$			4 200 \$	1 800 \$	
CS23	ING.	TRAV.PRIO				R.à N.	R.à N.(sauf CS)	
CS24			TRAV.PRIO					
MAURICIE	450 \$	1 525 \$	1 525 \$		4 000 \$			1 500 \$
CS31	ING.	TRAV.PRIO						R.à N.(sauf CS)
CS32			TRAV.PRIO		R.à N.			
SAGUENAY	450 \$	1 525 \$	1 525 \$				5 000 \$	5 000 \$
CS1	ING.	TRAV.PRIO					R.à N.	
CS2			TRAV.PRIO					R.à N.
TOTAL	2 950 \$	13 075 \$	11 075 \$	4 900 \$	4 000 \$	4 200 \$	6 800 \$	6 500 \$

TOTAL MAISONNEUVE	21 300 \$
TOTAL MANICOUAGAN	9 700 \$
TOTAL MAURICIE	9 000 \$
TOTAL SAGUENAY	13 500 \$
TOTAL: PLAN DE REDRESSEMENT	53 500 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.1 INGÉNIERIE

L'ingénierie du plan de redressement complet incluant celle de la rampe d'hydrogène	DE BASE	MAISON NEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
	1 900 000 \$	1 000 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	300 000 \$
TOTAL POUR L'INGÉNIERIE	1 900 000 \$	1 000 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	300 000 \$

PROJET PRÉLIMINAIRE

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

(Milliers de dollars de réalisation)

INGÉNIERIE	GLOBAL	MAISONNEUVE	MANIC	MAURICIE	SAGUENAY
L'ingénierie des travaux prioritaires		1 067 \$	450 \$	450 \$	450 \$
L'ingénierie de la remise à neuf		846 \$	200 \$	200 \$	200 \$
TOTAL: INGÉNIERIE	3 863 \$	1 913 \$	650 \$	650 \$	650 \$

Note: Ces coûts sont déjà inclus dans l'estimation des travaux prioritaires et de remise à neuf.

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.2 SÉCURITÉ DES COMPENSATEURS SYNCHRONES

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
ARMOIRE DES GAZ					
Ventilation mécanique	25 000,00 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
Équipements électriques Classe 1, Division B	5 000,00 \$	15 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	10 000 \$
Remplacement de l'armoire	10 000,00 \$	30 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$
Débimètre pour l'hydrogène	10 000,00 \$	30 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$
Contrôle automatique de pureté d'hydrogène	10 000,00 \$	30 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$
Arrangement général de la tuyauterie	40 000,00 \$	120 000 \$	80 000 \$	40 000 \$	80 000 \$
SOUS-TOTAL (ARMOIRES DES GAZ)	100 000 \$	300 000 \$	200 000 \$	160 000 \$	200 000 \$
CAPOTAGE ET TUNEL D'ACCÈS					
Ventilation mécanique sous pression et d'évacuation	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
Équipement électrique Classe 1, Division B	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
Civil	5 000 \$	15 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	10 000 \$
SOUS-TOTAL (CAPOTAGE ET TUNEL)	45 000 \$	135 000 \$	90 000 \$	90 000 \$	90 000 \$
COMPARTIMENT COLLECTEUR					
Ventilation mécanique sous pression	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
SOUS-TOTAL (COMPARTIMENT COLL.)	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.2 SÉCURITÉ DES COMPENSATEURS SYNCHRONES (SUITE)

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
BÂTIMENT DE COMMANDE					
Système de ventilation mécanique sous pression	50 000 \$	100 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
Ventilateur d'évacuation du rés. RV1	15 000 \$	30 000 \$	15 000 \$	15 000 \$	15 000 \$
Ventilation de la salle des batteries	25 000 \$	50 000 \$	25 000 \$	25 000 \$	25 000 \$
Remplacement des batteries et chargeurs	300 000 \$	450 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	300 000 \$
Remplacement des services auxiliaires C.A. 600 volts	150 000 \$	300 000 \$	150 000 \$	150 000 \$	0 \$
SOUS-TOTAL (BÂTIMENT DE CMDE)	540 000 \$	980 000 \$	540 000 \$	540 000 \$	390 000 \$
BÂTIMENT DE DÉMARRAGE					
Ventilation mécanique sous pression	35 000 \$	105 000 \$	70 000 \$	70 000 \$	70 000 \$
Ventilation du compartiment des BB (évac.)	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
Ajout d'un réservoir de récupération d'huile	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
SOUS-TOTAL (BÂTIMENT DE DÉMAR.)	65 000 \$	195 000 \$	130 000 \$	130 000 \$	130 000 \$
ARMOIRE DE NEUTRE					
Ventilation (évacuation)	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
SOUS-TOTAL (ARMOIRE DE NEUTRE)	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
COMPARTIMENT POMPE					
Ventilation mécanique sous pression	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
SOUS-TOTAL (COMPARTIMENT POMPE)	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.2 SÉCURITÉ DES COMPENSATEURS SYNCHRONES (suite)

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
GÉNÉRAL					
Système de surveillance (détection d'hydrogène)	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$
Système de surveillance de la ventilation	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$
Rampe d'hydrogène (Bâtiment+ tuyauterie)	150 000 \$	150 000 \$	75 000 \$	75 000 \$	75 000 \$
Système de détection d'incendie	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$	100 000 \$
Système d'incendie actif au bâtiment de démarrage	80 000 \$	180 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$
Alimentation d'urgence (groupe électrogène)	250 000 \$	350 000 \$	250 000 \$	250 000 \$	250 000 \$
SOUS-TOTAL (GÉNÉRAL)	680 000 \$	900 000 \$	565 000 \$	565 000 \$	565 000 \$
TOTAL POUR LA SÉCURITÉ DES CS		2 655 000 \$	1 655 000 \$	1 615 000 \$	1 505 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.3 RÉFÉCTION MAJEURE DES COMPENSATEURS SYNCHRONES

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
ABRI TEMPORAIRE					
Fabrication d'une base de béton (par base)	25 000 \$	75 000 \$	25 000 \$	25 000 \$	50 000 \$
Fabrication d'un abri temporaire (une seule fois)	175 000 \$	175 000 \$	0 \$	0 \$	0 \$
Installation de l'abri (par compensateur)	25 000 \$	75 000 \$	25 000 \$	25 000 \$	50 000 \$
SOUS-TOTAL (ABRI TEMPORAIRE)	225 000 \$	325 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	100 000 \$
COMPENSATEUR (MOTEUR)					
Remise à neuf des paliers	100 000 \$	300 000 \$	100 000 \$	100 000 \$	200 000 \$
Remplacement du calage du stator	200 000 \$	600 000 \$	200 000 \$	200 000 \$	400 000 \$
Remplacement des coins interpolaires	75 000 \$	225 000 \$	75 000 \$	75 000 \$	150 000 \$
Réfection des pôles du rotor	720 000 \$	2 160 000 \$	720 000 \$	720 000 \$	1 440 000 \$
Travaux de 25 semaines (8) hommes	650 000 \$	1 350 000 \$	450 000 \$	450 000 \$	900 000 \$
Autres travaux (par compensateur)	300 000 \$	900 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	600 000 \$
SOUS-TOTAL COMPENSATEUR (MOTEUR)	1 845 000 \$	5 535 000 \$	1 845 000 \$	1 845 000 \$	3 690 000 \$
FLASQUES, PALIERS ET JOINTS					
Modification du système de mesures des vibrations	35 000 \$	50 000 \$	35 000 \$	35 000 \$	70 000 \$
SOUS-TOTAL (FLASQUES, PALIERS, JOINTS)	35 000 \$	50 000 \$	35 000 \$	35 000 \$	70 000 \$
SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT					
Modifier les contrôles de la température	20 000 \$	60 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$
Amélioration du système de pompage du glycol	20 000 \$	60 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$
Passerelles d'accès aux échangeur air/glycol	35 000 \$	105 000 \$	0 \$	25 000 \$	70 000 \$
Ajout d'un débitmètre à pression différentiel	5 000 \$	15 000 \$	5 000 \$	10 000 \$	10 000 \$
SOUS-TOTAL (REFROIDISSEMENT)	80 000 \$	240 000 \$	85 000 \$	115 000 \$	160 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.3 RÉFÉCTION MAJEURE DES COMPENSATEURS SYNCHRONES (suite)

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
SYSTÈME DE LUBRIFICATION					
Modifier le système de pompage du circuit des joints	20 000 \$	60 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	40 000 \$
Correction des vibrations du système de graissage	25 000 \$	75 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
Modifier le système de soulèvement de l'arbre	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
Addition d'un système de filtration au réservoir RV1	15 000 \$	45 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
Isolation du réservoir RV1 + indication de temp.	6 000 \$	18 000 \$	2 000 \$	2 000 \$	12 000 \$
SOUS-TOTAL (LUBRIFICATION)	81 000 \$	243 000 \$	132 000 \$	132 000 \$	162 000 \$
	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES					
Réfection des disjoncteurs 42	300 000 \$	900 000 \$	0 \$	300 000 \$	600 000 \$
Réfection des autres disjoncteurs (CS)	150 000 \$	450 000 \$	150 000 \$	150 000 \$	300 000 \$
Divers (par compensateur)	200 000 \$	600 000 \$	200 000 \$	200 000 \$	400 000 \$
SOUS-TOTAL (ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES)	650 000 \$	1 950 000 \$	350 000 \$	650 000 \$	1 300 000 \$
RÉFÉCTION DES AUTOMATISMES					
Modification de la commande et de l'excitation	500 000 \$	1 500 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$
SOUS-TOTAL (AUTOMATISMES)		1 500 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$
TOTAL POUR LA RÉFÉCTION		9 843 000 \$	3 497 000 \$	3 827 000 \$	6 482 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.2.4 MODERNISATION

	DE BASE	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY
REMISE EN ÉTAT DES AUTOMATISMES					
Système SICC/ALCID	500 000 \$	1 500 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$	1 000 000 \$
Système d'acquisition de données SUPER	250 000 \$	750 000 \$	250 000 \$	500 000 \$	250 000 \$
TOTAL POUR LA MODERNISATION		2 250 000 \$	1 250 000 \$	1 500 000 \$	1 250 000 \$

TOTAL POUR LE PLAN DE REDRESSEMENT

	15 748 000 \$	6 702 000 \$	7 242 000 \$	9 537 000 \$
--	---------------	--------------	--------------	--------------

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

8.3 RÉSUMÉ

	MAISONNEUVE	MANICOUAGAN	MAURICIE	SAGUENAY	GLOBAL
INGÉNIERIE	1 000 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	1 900 000 \$
SÉCURITÉ DES C.S.	2 655 000 \$	1 655 000 \$	1 615 000 \$	1 505 000 \$	7 430 000 \$
RÉFÉCTION DES CS	9 843 000 \$	3 497 000 \$	3 827 000 \$	6 482 000 \$	23 649 000 \$
MODERNISATION DES C.S.	2 250 000 \$	1 250 000 \$	1 500 000 \$	1 250 000 \$	6 250 000 \$
TOTAL DU PLAN	15 748 000 \$	6 702 000 \$	7 242 000 \$	9 537 000 \$	39 229 000 \$

**ESTIMATION BUDGÉTAIRE
DU PLAN DE REDRESSEMENT
DES COMPENSATEURS SYNCHRONES**

(Milliers de dollars de réalisation)

TRAVAUX PRIORITAIRES	GLOBAL	MAISONNEUVE	MANIC	MAURICIE	SAGUENAY
Respect des loies et règlements		6 300 \$	3 700 \$	3 500 \$	3 500 \$
TOTAL: TRAVAUX PRIORITAIRES	17 000 \$	6 300 \$	3 700 \$	3 500 \$	3 500 \$

TRAVAUX DE REMISE À NEUF	GLOBAL	MAISONNEUVE	MANIC	MAURICIE	SAGUENAY
Travaux généraux de remise à neuf		15 000 \$	6 000 \$	5 500 \$	10 000 \$
TOTAL: REMISE À NEUF	36 500 \$	15 000 \$	6 000 \$	5 500 \$	10 000 \$

PLAN DE REDRESSEMENT	GLOBAL	MAISONNEUVE	MANIC	MAURICIE	SAGUENAY
TOTAL: PLAN DE REDRESSEMENT	53 500 \$	21 300 \$	9 700 \$	9 000 \$	13 500 \$

9.0 CONCLUSION

L'ensemble des mesures correctives qui ont été recommandées représente un effort important, mais c'est le prix à payer pour rendre les compensateurs synchrones fiables et vraiment sécuritaires.

Ce plan de redressement a l'avantage d'offrir une certaine flexibilité sur tout ce qui a trait à la fiabilité des compensateurs synchrones soit, les remises à neuf et la modernisation. En contre partie, les recommandations ou mesures correctives qui touchent l'aspect sécurité sont à notre avis incontournables et doivent être effectuées à très court terme. Dans l'échéancier proposé nous parlons dès 1996 pour l'ingénierie.

Ne pas appliquer ces recommandations revient tout simplement à accepter qu'à tout moment les compensateurs synchrones puissent être retirés du réseau suite à des conditions dangereuses de la part du personnel travaillant sur ces équipements, de la part du Ministère du travail pour ce qui est de la certification des compensateurs comme vaisseaux sous pression ou de la part de la Régie du bâtiment sur les articles régissant les sites utilisant des gaz tel l'hydrogène.

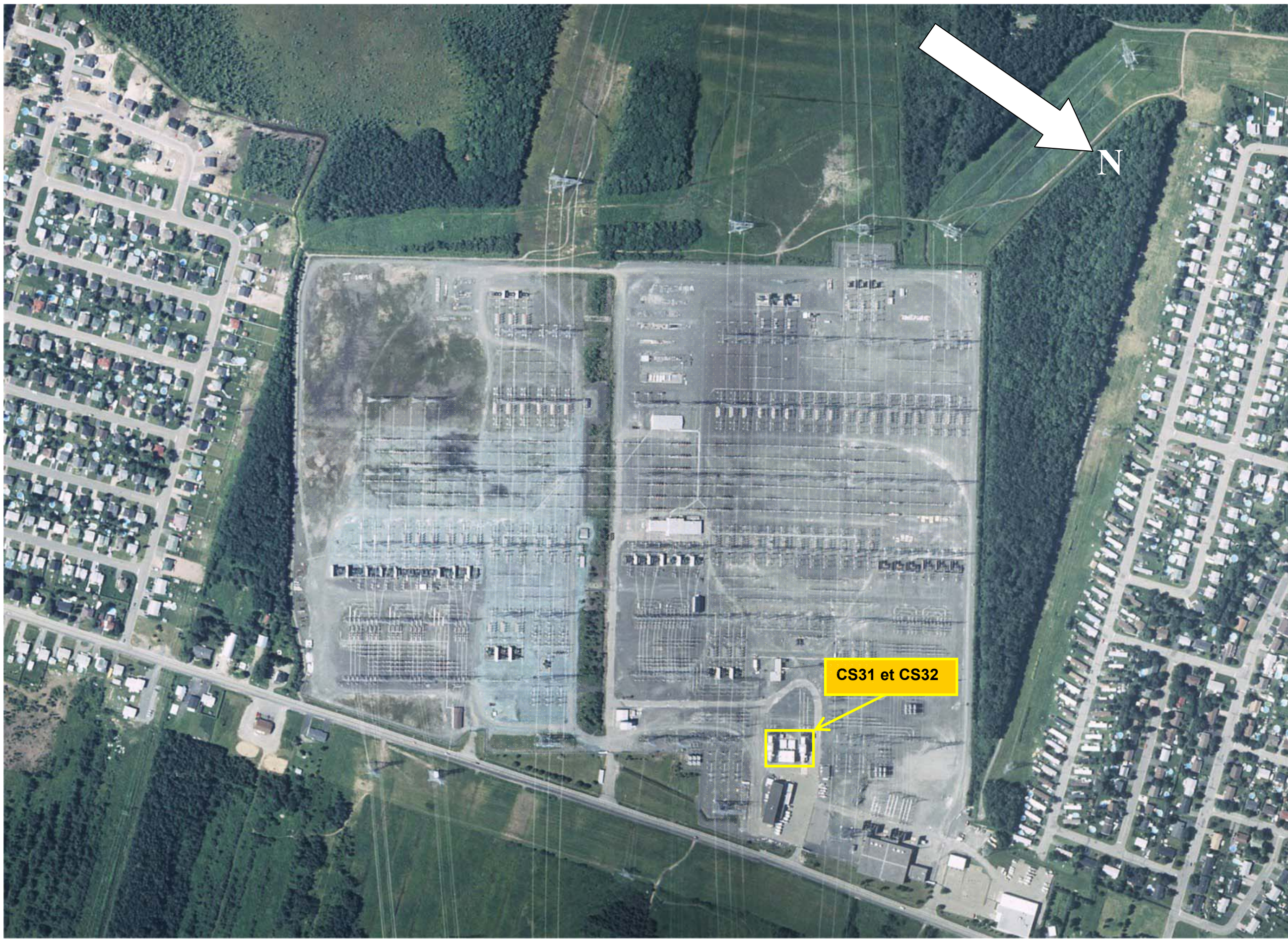
En effet depuis la mise en service des compensateurs, quelques explosions ont eu lieu. Depuis plusieurs années nous avons eu à négocier des délais suite aux avis d'arrêt du Ministère du travail en leur mentionnant que nous étions à mettre en place des mécanismes pour se conformer ou tout dernièrement à préparer un plan de redressement. Un signal contraire de notre part pourrait être compromettant et les conséquences très coûteuses pour Hydro-Québec et son réseau.

S'appuyant sur la position de la Direction Exploitation, l'importance et l'utilisation des compensateurs synchrones pour les vingt (20) prochaines années est évidente. Pour rencontrer leurs exigences il faudra procéder à la remise à neuf/modernisation des compensateurs. Un programme réaliste échelonné sur huit (8) ans est proposé. Les deux (2) premières années étant consacrées à l'élimination des problèmes de sécurité.

Dans l'éventualité d'une remise en question de l'exploitation des compensateurs pour les vingt prochaines années nous recommandons qu'une étude soit confié au Groupe Équipement. Cette étude devra évaluer un plan de retrait des compensateurs, la remise à neuf de ces derniers ou des solutions de remplacement tout en présentant des échéanciers et coûts associés à ces options.

Nous tenons à rappeler que cette éventualité ne remettra aucunement en cause notre obligation de régler l'aspect sécurité des compensateurs synchrones.

Annexe B
Photo aérienne du poste de Lévis



Vue aérienne du poste Lévis

Zone 735 kV

Zone 315 kV

Zone 230 kV