

**RAPPORT SUR LA RÉÉVALUATION SISMIQUE DE LA PHASE II,
COMPOSANTE 2
CHANCELLERIE DU CANADA
BRIDGETOWN (BARBADE)**

Décembre 2013

Préparé pour :

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, DU COMMERCE ET DU DÉVELOPPEMENT
Édifice Lester B. Pearson
125, promenade Sussex
Ottawa (Ontario)
K1A 0G2

Rédigé par :

J.L. RICHARDS & ASSOCIATES LIMITED
Ingénieurs, architectes et planificateurs conseils
864, place Lady Ellen
Ottawa (Ontario)
K1Z 5M2

JLR n° 23423-27

**RÉÉVALUATION SISMIQUE
DE LA PHASE 2, COMPOSANTE 2
CHANCELLERIE DU CANADA
BRIDGETOWN (BARBADE)**

– TABLE DES MATIÈRES –

	<u>PAGE</u>
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 OPTIONS DE MODERNISATION SISMIQUE.....	2
2.1 Modernisations initiales des voies de transmission des charges	2
2.1.1 <i>Modernisations du toit et du diaphragme du deuxième étage</i>	<i>3</i>
2.1.2 <i>Renforcement autour des grandes ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit</i>	<i>3</i>
2.1.3 <i>Renforcement de la capacité de l'élément de la membrure périphérique</i>	<i>4</i>
2.1.4 <i>Renforcements des fondations</i>	<i>4</i>
2.2 Option 1a) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement	5
2.3 Option 1b) : Ajout d'emplacements de nouvelles travées contreventées	6
2.4 Option 2 : Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)	7
2.5 Option 3 : Installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées	10
3.0 SÉQUENCE DES TRAVAUX.....	12
4.0 AVIS SUR LES COÛTS DE CONSTRUCTION PROBABLES ET LE CALENDRIER....	13
4.1 Option 1a) – Remplacement des contreventements existants à traction seulement	14
4.2 Option 1b) – Ajout d'emplacements de nouvelles travées contreventées	16
4.3 Option 2 – Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)	17
4.4 Option 3 – Installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées	19
5.0 RÉSUMÉ DES OPTIONS.....	21
6.0 RECOMMANDATIONS.....	22
7.0 RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	23

**RÉÉVALUATION SISMIQUE
DE LA PHASE 2, COMPOSANTE 2
CHANCELLERIE DU CANADA
BRIDGETOWN (BARBADE)**

– TABLE DES MATIÈRES –

PAGE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Option 1a) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement.....	5
Tableau 2 : Option 1b) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement.....	7
Tableau 3 : Option 2 – Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF).....	9
Tableau 4 : Option 3 – Installation d’amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées.....	12
Tableau 5 : Option 1a) – Remplacement des contreventements existants à traction seulement.....	14
Tableau 6 : Option 1b) – Ajout d’emplacements de nouvelles travées contreventées	16
Tableau 7 : Option 2 – Nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)	18
Tableau 8 : Option 3 – Amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées.....	19
Tableau 9 : Résumé des options de modernisation	21

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Boucle d’hystérésis des DCC.....	10
--	-----------

PIÈCES JOINTES

- Croquis 1 : Rénovation des diaphragmes du toit et du deuxième étage
- Croquis 2 : Renforcement horizontal – Deuxième étage
- Croquis 3 : Renforcement horizontal – Niveau du toit
- Croquis 4 : Nouvel élément du périmètre au deuxième étage
- Croquis 5 : Nouvel élément du périmètre au niveau du toit
- Croquis 6 : Modernisation des poteaux
- Croquis 7 : Emplacement proposé des travées contreventées supplémentaires
- Croquis 8 : Conception de contreventement résistant au flambage
- Croquis 9 : Conception d’amortisseurs à friction

**RÉÉVALUATION SISMIQUE
DE LA PHASE 2, COMPOSANTE 2
CHANCELLERIE DU CANADA
BRIDGETOWN (BARBADE)**

SOMMAIRE

Le but du présent rapport de la phase 2, composante 2, est de fournir une analyse et une évaluation de trois différentes options de modernisation sismique pour la chancellerie du Canada à Bridgetown (Barbade). Le rapport fait suite à un rapport de la phase 2, composante 1, qui indiquait que le système de résistance aux forces sismiques (SRFS) existant dans la chancellerie du Canada n'atteint pas l'objectif de rendement de protection civile précisé par le MAECD.

Le rapport propose trois stratégies de modernisation : le remplacement des entretoises à traction existantes, l'ajout de nouvelles travées contreventées à traction uniquement, le remplacement des entretoises existantes par des entretoises à traction-compression (contreventements limitant le flambement – CLF) et l'ajout d'amortisseurs à friction dans les nouvelles travées contreventées situées à côté des travées contreventées existantes. Pour chaque stratégie de modernisation, on a calculé le cisaillement de base, déterminé la magnitude des forces sismiques sur les travées contreventées, les poteaux, les poutres et les assemblages existants, évalué l'ampleur de tout soulèvement sur les fondations et déterminé l'amplitude de déplacement et de dérive. Il sera question des procédures d'installation et de conception pour chaque option et les résultats pour les options de modernisation conçues pour 100 % de la charge sismique seront présentés. Les répercussions de la conception du SRFS à 150 % de la charge de calcul sismique sont également considérées pour chaque option de modernisation.

D'après l'analyse effectuée, il a été déterminé que l'installation de nouveaux amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées adjacentes aux travées contreventées existantes serait la solution la plus économique et offrirait un rendement correspondant au niveau de rendement en matière d'occupation de protection civile requis. Cette option ne nécessite pas de travaux de fondation et les travaux de modernisation parasismique seraient limités aux travées contreventées où les amortisseurs à friction seraient installés.

On suppose que les modernisations initiales du système de diaphragme seront effectuées en même temps que la modernisation parasismique afin de garantir la sécurité des occupants du bâtiment.

**RÉÉVALUATION SISMIQUE
DE LA PHASE 2, COMPOSANTE 2
CHANCELLERIE DU CANADA
BRIDGETOWN (BARBADE)**

1.0 INTRODUCTION

Le présent rapport présente les résultats d'une réévaluation de la chancellerie du Canada à Bridgetown (Barbade). Une évaluation sismique avait été effectuée sur la chancellerie du Canada dans le cadre de la phase 2, composante 1 de l'évaluation sismique. Les résultats de cette évaluation ont révélé que la chancellerie n'a pas la capacité adéquate pour résister aux forces sismiques de conception.

À la lumière des résultats de l'évaluation sismique de la phase 2, composante 1, le MAECD a décidé de procéder à l'étude de la phase 2, composante 2, dans le but d'élaborer trois options de modernisation parasismique qui permettent d'atteindre les objectifs de rendement de la chancellerie, en considérant un site de classe A tel que déterminé dans l'étude géotechnique. L'effet de l'augmentation des forces sismiques de conception à 150 % (niveau de rendement en matière d'occupation de protection civile) est considéré pour chaque option de modernisation. L'évaluation de la composante 1 a révélé que le système de résistance aux forces latérales (SRFL) existant a une capacité adéquate pour résister aux forces sismiques de conception si elles sont réduites à 60 % du niveau de rendement en matière d'occupation normale. Par conséquent, les options de modernisation pour ce cas de charge ne sont pas présentées. Le rapport aborde les résultats de l'étude de la composante 2 pour 100 % et 150 % du niveau de charge sismique.

Les résultats de la réévaluation de la phase 1, composante 1, ont indiqué que les diaphragmes existants du toit et du deuxième étage présentent les lacunes suivantes :

- la capacité du diaphragme et la fixation aux éléments de soutien sont inadéquates;
- la capacité de transfert de cisaillement est inadéquate autour des grandes ouvertures centrales;
- la capacité de l'élément de membrure périphérique existant est insuffisante.

Les stratégies de modernisation pour les éléments de diaphragme sont présentées à la section 2.1. Les options de modernisation abordées à la section 2 supposent que ces modernisations seront effectuées.

Le système de résistance aux forces latérales est constitué de contreventements, de colonnes et de poutres en acier à l'extérieur de la structure, appuyés sur des semelles de fondation. La réévaluation de la phase 1 a déterminé que les poteaux en APCC au niveau du rez-de-chaussée n'ont pas une capacité adéquate pour les forces de conception sismique de l'occupation normale ou de l'occupation de protection civile. Au

deuxième étage, les poteaux existants n'ont pas une capacité suffisante pour le niveau de rendement en matière d'occupation de protection civile. Il a été déterminé que les contreventements existants avaient une capacité inadéquate pour les forces sismiques normales et celles de l'occupation de protection civile au rez-de-chaussée et au deuxième étage. Pour les deux cas de charge, il a été déterminé que les poutres existantes avaient une capacité adéquate pour résister aux forces sismiques de conception.

Les contreventements existants ne satisfont pas aux exigences d'élançement de la norme CSA S16-09 pour les éléments en compression. On suppose donc qu'ils ne sont efficaces qu'en traction. Les options de modernisation ci-après sont envisagées.

- 1) Maintien du système existant de contreventement à traction seulement :
 - a. remplacer les contreventements existants à traction seulement par des éléments plus grands;
 - b. doubler le nombre de contreventements dans chaque sens.
- 2) Installation de nouveaux contreventements à traction-compression, en tenant compte de la longueur des contreventements. On suppose que les contreventements existants seront remplacés par des contreventements limitant le flambement (CLF).
- 3) Installation d'amortisseurs à friction dans les nouvelles travées contreventées adjacentes aux emplacements des travées contreventées existantes.

2.0 OPTIONS DE MODERNISATION SISMIQUE

2.1 Modernisations initiales des voies de transmission des charges

Chacune des options de modernisation parasismique décrites ci-dessous nécessite des modernisations de base du système de diaphragmes afin de transférer les charges sismiques des diaphragmes au système de résistance aux forces sismiques (SRFS) et aux fondations. Ces modernisations de base comprennent l'amélioration de la capacité du diaphragme du toit et du deuxième étage, l'amélioration de la fixation des diaphragmes du tablier au SRFS, le renforcement horizontal autour des ouvertures du deuxième étage et du toit et le remplacement de l'élément de la membrure périphérique existante et de sa fixation au SRFS. Les modernisations de ces éléments sont essentielles à la résistance de la chancellerie lors de tout événement sismique. La configuration actuelle du toit et du deuxième étage constitue une menace importante pour les occupants du bâtiment. Étant donné l'importance de la stabilité des structures de plancher pour la sécurité des occupants du bâtiment, les modernisations des

diaphragmes décrites ci-dessous doivent être mises en œuvre, qu'un renforcement sismique complet soit effectué ou non.

Les détails et l'ampleur des modernisations initiales des voies de transmission des charges sont pratiquement indépendants du niveau de conception choisi (occupation normale ou de protection civile). Le coût estimé de ces modernisations des voies de transmission des charges est compris dans l'estimation des coûts de chaque option de modernisation. Ces modernisations comprendraient les éléments ci-après.

2.1.1 Modernisations du toit et du diaphragme du deuxième étage

Le diaphragme du toit n'a pas une capacité suffisante pour transférer les forces de cisaillement au SRFS. Les options permettant d'améliorer la capacité du diaphragme du toit comprennent le remplacement du diaphragme ou l'installation d'un autre diaphragme du tablier en acier par-dessus le diaphragme existant avec un modèle d'assemblage adapté (300 mm ou moins). Ce système peut être installé sur le diaphragme existant ou le diaphragme existant peut être enlevé puis remplacé. Ces travaux doivent être effectués en même temps que le remplacement du système de toit existant. Le diaphragme du deuxième étage a une capacité adéquate pour les forces sismiques de conception, mais il est soudé aux solives tous les 600 mm, ce qui est inacceptable. Le tablier du deuxième étage doit être refixé aux solives à au moins 600 mm d'entraxe, ce qui donne un espacement total des fixations de 300 mm, conformément à la norme 7.8.4 de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment (ICTAB). La présence du tablier en béton à ce niveau rend difficile l'augmentation du nombre de points de fixation par le haut de l'étage. Cependant, l'accès au tablier par le bas est possible entre les solives. Le tablier doit être fixé aux solives tous les 600 mm afin d'augmenter le nombre de points de fixation avec les éléments porteurs. Les estimations de coûts pour les modernisations initiales des voies de transmission des charges sont fournies à la section 4. Il est entendu que le système de toit existant doit être remplacé. On suppose que les modernisations du diaphragme du toit se feront en même temps que le remplacement du toit. Par conséquent, aucun coût n'a été inclus pour l'enlèvement et la remise en place du système de toit. Le croquis SK-1 présente des options de modernisation permettant d'augmenter la capacité des diaphragmes du toit et du deuxième étage.

2.1.2 Renforcement autour des grandes ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit

Le deuxième étage et le niveau du toit comportent de grandes ouvertures, qui ne sont pas correctement fixées au diaphragme ou au SRFL. Au deuxième étage, un renforcement est nécessaire entre les axes F2 et H, et A1 et E. Le renforcement sera efficace dans les deux sens pour transférer les forces sismiques au SRFL au périmètre de la structure. Au niveau du toit, un renforcement est nécessaire entre les axes B et E.

Le renforcement sera assuré par des contreventements horizontaux. Les croquis SK-2 et SK-3 présentent le renforcement horizontal au deuxième étage et au niveau du toit.

2.1.3 Renforcement de la capacité de l'élément de la membrure périphérique

Le troisième élément de la modernisation initiale comprend le remplacement de la cornière périphérique existante par une section en acier plus grande pour résister aux forces de tension et de compression générées par la flexion du diaphragme du tablier. L'élément périphérique existant au deuxième étage n'a pas une capacité suffisante pour résister aux forces de tension générées par les forces sismiques de conception. La partie supérieure du mur extérieur devra être retirée pour installer la nouvelle membrure périphérique. L'élément de remplacement pourrait consister en une plaque d'acier soudée à la cornière existante au deuxième étage. La surface d'acier requise est d'environ 500 mm² et 700 mm² pour une occupation normale et de protection civile, respectivement. Au niveau du toit, les dessins ne montrent pas d'élément périphérique. Au niveau du toit, un nouvel élément périphérique continu pourrait être installé et fixé aux poutres de rive existantes. Une plaque d'acier continue d'une surface de 700 mm² pour une occupation normale et de 1 000 mm² pour une occupation de protection civile, soudée aux poutres de rive existantes, fournirait une capacité suffisante pour résister aux forces de tension et de compression au niveau du toit. Les croquis SK-4 et SK-5 présentent les options de modernisation de l'élément périphérique au deuxième étage et au niveau du toit.

2.1.4 Renforcements des fondations

Les fondations existantes sont constituées de semelles de fondation sous les poteaux, reliées par des semelles filantes/des poutres sous mur porteur et des murs de fondation en maçonnerie de béton. Les forces sismiques de conception peuvent provoquer un soulèvement des fondations. L'ampleur du soulèvement varie et dépend de la résistance et de la rigidité du SRFS. Les renforcements des fondations, s'il y a lieu, sont abordés pour chaque option de modernisation.

Le soulèvement généré au niveau des fondations peut être contrôlé par des ancrages au roc post-contraints ou en transférant les forces de cisaillement résultantes à travers les poutres sous mur porteur existantes vers les travées adjacentes. La capacité de cisaillement de la poutre sous mur porteur existante a été étudiée pour déterminer s'il est possible de mettre en prise plus d'une travée pour résister aux forces de soulèvement. La capacité de la poutre sous mur porteur a été évaluée à environ 50 kN, ce qui est insuffisant pour transférer les forces de cisaillement sans renforcer la poutre. On suppose qu'en raison des forces de soulèvement relativement faibles (généralement moins de 200 kN) et de la proximité (au niveau de la semelle) du substratum rocheux, il sera possible de résister aux forces de soulèvement avec un ancrage au roc par emplacement et que l'installation des ancrages au roc sera simple et réalisée avec

l'équipement disponible. Par conséquent, dans le présent rapport, on suppose que des ancrages au roc seront utilisés pour résister au soulèvement.

2.2 Option 1a) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement

Les contreventements à traction seulement sont une méthode de contreventement économique, pour les bâtiments d'un ou deux étages, lorsqu'un flambage des contreventements se produit. L'option de modernisation 1a) consiste à remplacer les contreventements existants à traction seulement par des contreventements plus grands à traction seulement. Les facteurs de ductilité et de sur-résistance, R_d et R_o , resteraient respectivement de 1,5 et 1,3 pour cette option. Cette option ne nécessite pas la construction d'une nouvelle travée contreventée. Elle présente l'avantage de limiter les travaux à la zone des travées existantes. Le niveau d'effort requis entre 100 % des forces de conception sismique et 150 % des forces de conception sismique est assez minime. Pour le niveau de performance d'une occupation de protection civile, un renforcement de poteaux et d'assemblages est requis au rez-de-chaussée et au deuxième étage. Le remplacement des éléments de contreventement nécessite une atténuation des forces de tension au niveau des fondations pour les deux niveaux de performance. Le tableau 1 ci-dessous décrit les détails de la stratégie de modernisation pour l'option 1a) Remplacement des contreventements existants à traction seulement.

Tableau 1 : Option 1a) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement

	Occupation normale – 100 %	Occupation de protection civile – 150 %	Description
Remplacement des contreventements au rez-de-chaussée	Oui	Oui	Remplacement de la cornière à traction seulement par un élément plus grand à traction seulement.
Remplacement des contreventements au deuxième étage	Oui	Oui	Remplacement de la cornière à traction seulement par un élément plus grand à traction seulement.
Remplacement/renforcement des poteaux au rez-de-chaussée	Oui	Oui	Augmentation de la capacité axiale grâce à des plaques soudées aux poteaux. SK-6.
Remplacement/renforcement des poteaux au deuxième étage	Non	Oui	Augmentation de la capacité axiale grâce à des plaques soudées aux poteaux. SK-6.
Remplacement des poutres	Non	Non	

	Occupation normale – 100 %	Occupation de protection civile – 150 %	Description
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au rez-de-chaussée	Oui	Oui	Enlèvement de la plaque-gousset existante pour la remplacer par une plaque plus grande avec une surface de soudure plus grande et des boulons adéquats.
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au deuxième étage	Non	Oui	Enlèvement de la plaque-gousset pour la remplacer par une plaque plus grande avec une plus grande surface de soudure et des boulons adéquats.
Remplacement de l'assemblage à la plaque de base	Non	Oui	Augmentation de la taille et du nombre de boulons d'ancrage à la plaque de base.
Forces de tension nécessitant une atténuation	Oui	Oui	Installation d'ancrages au roc.

2.3 Option 1b) : Ajout d'emplacements de nouvelles travées contreventées

L'ajout de nouvelles travées contreventées adjacentes aux travées contreventées existantes répartit les forces sismiques sur un plus grand nombre d'éléments. Cependant, comme les travées sont adjacentes, cette option crée une augmentation des charges sur les poteaux entre les travées. Le croquis SK-7 présente la disposition en plan des emplacements proposés des travées contreventées supplémentaires. Les éléments de la charpente en acier existante seraient utilisés pour soutenir les nouveaux contreventements, les assemblages pourraient être conçus en conséquence. Les facteurs de ductilité et de sur-résistance, R_d et R_0 , resteraient respectivement de 1,5 et 1,3 pour cette option. Le tableau 2 décrit les détails de la stratégie de renforcement pour l'option 1b), l'ajout de nouveaux emplacements de contreventement à traction seulement. Le fait de doubler le nombre de travées contreventées diminue l'ampleur des efforts d'atténuation requis pour les charpentes contreventées existantes. Pour le niveau de conception d'occupation normale, aucune modification des contreventements, des poteaux ou des assemblages existants n'est requise. Pour le niveau de performance de l'occupation de protection civile, les contreventements et les assemblages existants doivent être remplacés au rez-de-chaussée. Pour les deux niveaux de performance, les plaques de base et les ancrages existants doivent être remplacés et des ancrages au roc sont nécessaires pour résister aux forces de soulèvement au niveau des fondations. L'ajout d'emplacements de nouvelles travées contreventées augmente la rigidité de la structure et réduit les dérives entre les étages à moins de $0,025 h_s$, ce qui satisfait aux exigences du CNBC pour le niveau de performance de l'occupation de protection civile.

Tableau 2 : Option 1b) : Remplacement des contreventements existants à traction seulement

	Occupation normale de 100 %	Occupation de protection civile de 150 %	Description
Remplacement des contreventements au rez-de-chaussée (existants)	Non	Oui	Remplacement de la cornière existante à traction seulement par un élément plus grand à traction seulement.
Remplacement des contreventements au deuxième étage (existants)	Non	Non	
Remplacement/renforcement des poteaux au rez-de-chaussée	Non	Non	
Remplacement/renforcement des poteaux au deuxième étage	Non	Non	
Remplacement des poutres	Non	Non	
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au rez-de-chaussée	Non	Oui	Enlèvement de la plaque-gousset existante, pour la remplacer par une plaque plus grande avec une plus grande surface de soudure et des boulons adéquats.
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au deuxième étage	Non	Non	
Remplacement de l'assemblage à la plaque de base	Oui	Oui	Augmentation de la taille/du nombre de boulons d'ancrage à la plaque de base.
Forces de tension nécessitant une atténuation	Oui	Oui	Installation d'ancrages au roc.

2.4 Option 2 : Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)

En raison des exigences relatives au flambage, la conception de contreventements conventionnels pour qu'ils se comportent comme des éléments à traction-compression dans le bâtiment de la chancellerie nécessite l'utilisation d'éléments beaucoup plus massifs pour résister aux charges de calcul sismiques en compression. Par conséquent, les forces auxquelles les autres éléments des voies de transmission des charges

(poteaux, assemblages et fondations) doivent pouvoir résister (à l'étape de la conception) augmentent considérablement.

Les contreventements limitant le flambement (CLF) sont conçus pour avoir la même capacité à traction et à compression. Ces contreventements sont conçus pour céder à une charge particulière qui peut correspondre très étroitement à la capacité requise afin d'éviter une conception excessive et une inefficacité ou une surconstruction ultérieure dans le reste des voies de transmission des charges. Si les contreventements existants doivent être remplacés par des contreventements à traction-compression, il est recommandé d'utiliser des contreventements limitant le flambement. Un CLF pourrait remplacer le contreventement transversal existant dans chaque travée. Toutefois, en raison de la capacité accrue des éléments de contreventement en compression, le comportement sismique d'un seul CLF serait très similaire à celui des contreventements existants à traction seulement; plus précisément, la période dynamique et la rigidité du CLF seraient très similaires à celles de la structure existante. Les facteurs de ductilité et de sur-résistance, R_d , R_0 sont respectivement de 4,0 et 1,2 pour cette option.

Le tableau 3 décrit les détails de la stratégie de renforcement pour l'option 2, à savoir l'installation de nouveaux contreventements à traction-compression. Les améliorations requises pour une occupation normale et une occupation de protection civile sont identiques. La norme CSA S16-09 exige des poteaux de classe 1 ou 2 dans les emplacements de travées à contreventements limitant le flambement. Les poteaux existants sont de classe 3 et ne sont donc pas autorisés avec ce système. Les poteaux doivent être remplacés ou renforcés pour fournir une capacité accrue au besoin, l'ajout de plaques en acier soudées aux poteaux existants doit fournir une capacité adéquate et satisfaire aux exigences de conception de la norme CSA S16-09. L'utilisation de CLF nécessite l'installation/le renforcement des poteaux existants, de nouveaux assemblages entre les contreventements et les poteaux et des ancrages au roc avec une plus grande capacité de soulèvement que les deux options de modernisation précédentes. Cependant, l'avantage d'installer des CLF par rapport à des contreventements à traction seulement peut être mieux compris en considérant la forme de la charge cyclique (courbes d'hystérésis). Les CLF ont une résistance stable et non dégradée sous une charge cyclique. En revanche, les contreventements à traction seulement présentent des boucles de résistance pincées, qui se dégradent sous l'effet des charges cycliques. Le comportement des contreventements à traction seulement s'aggrave avec le nombre de cycles de charge auxquels ils sont soumis, alors que les CLF présentent une dissipation d'énergie constante au cours de nombreux cycles de charge. Ce comportement est présenté à la figure 1 ci-dessous. Cela signifie que, lors d'un véritable tremblement de terre, les CLF offrent un niveau de performance et de protection bien supérieur à celui des contreventements à traction seulement de force équivalente. Le croquis 8 présente une conception d'un CLF.

Tableau 3 : Option 2 – Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)

	Occupation normale de 100 %	Occupation de protection civile de 150 %	Description
Remplacement des contreventements au rez-de-chaussée (existants)	Oui	Oui	Remplacement de la cornière existante à traction seulement, par un seul CLF à traction-compression. SK-8
Remplacement des contreventements au deuxième étage (existants)	Oui	Oui	Remplacement de la cornière existante à traction seulement, par un seul CLF à traction-compression. SK-8
Remplacement/renforcement des poteaux au rez-de-chaussée	Oui	Oui	Les poteaux sont de classe 3 – non autorisés avec $R_d R_o = (4)$ (1,2)
Remplacement/renforcement des poteaux au deuxième étage	Oui	Oui	Les poteaux sont de classe 3 – non autorisés avec $R_d R_o = (4)$ (1,2)
Remplacement des poutres	Non	Non	
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au rez-de-chaussée	Oui	Oui	Les assemblages existants seront inadéquats pour les CLF.
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au deuxième étage	Oui	Oui	Les assemblages existants seront inadéquats pour les CLF.
Remplacement de l'assemblage à la plaque de base	Oui	Oui	Augmentation de la taille/du nombre de boulons d'ancrage à la plaque de base.
Forces de tension nécessitant une atténuation	Oui	Oui	Installation d'ancrages au roc. L'ampleur du soulèvement est jusqu'à deux fois supérieure à celle des autres options.

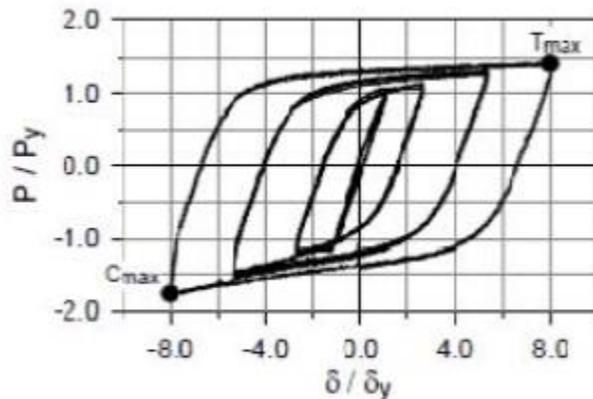


Figure 1 : Boucle d'hystérésis des CLF
(Humar, Adams, Tremblay, Rogers, Halchuk, *Proposals for the Seismic Design Provisions of the 2010 National Building Code of Canada, 2010*)

2.5 Option 3 : Installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées

Le SRFS de la chancellerie de Bridgetown pourrait être encore amélioré par l'installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées adjacentes aux travées contreventées existantes (pour l'emplacement, voir le croquis 7 de l'option 1b). Les amortisseurs à friction dissipent l'énergie sismique en augmentant l'amortissement d'une structure. Un amortissement accru a pour effet net de diminuer la fonction de force, comme l'illustre l'équation de mouvement ci-dessous :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = f(t)$$

$$m\ddot{u} + ku = f(t) - c\dot{u}$$

Où « m » est la masse, « c » est l'amortissement, « k » est la rigidité et « f(t) » est la fonction de force. L'incorporation d'amortisseurs à friction dans la modernisation sismique pourrait réduire la force sismique de 50 %, ce qui réduirait considérablement l'impact des modernisations en termes de calendrier, d'économie et de caractère intrusif pour les occupants du bâtiment.

Les dispositifs de dissipation d'énergie typiques ne font que réduire le cisaillement de base de conception qui est utilisé pour la conception des éléments de dissipation d'énergie composant le SRFL. Le cisaillement élastique de base, qui est utilisé pour concevoir les éléments assemblés au SRFL, reste le même. Cependant, en augmentant l'amortissement, les amortisseurs à friction diminuent la force sismique élastique totale. Cela signifie que les éléments situés à l'extérieur du SRFL peuvent être conçus pour des forces sismiques plus faibles. Le principal avantage de ce système pour la conception sismique de la chancellerie de Bridgetown sera l'élimination probable des exigences d'atténuation pour le système de fondation. Les options 1 et 2 nécessiteraient

des ancrages au roc au niveau de la fondation, tandis que des amortisseurs à friction pourraient être installés sans augmenter la capacité de soulèvement de la fondation. Cela élimine une source importante d'heures de travail et de coûts pour le projet.

Pour le présent rapport de conception, on suppose que la charge de glissement des amortisseurs à friction sera égale à soixante-quinze pour cent (75 %) des limites d'élasticité du contreventement et qu'un amortissement équivalent d'environ vingt pour cent (20 %) peut être obtenu. Ces valeurs ont été estimées de manière prudente aux fins du présent rapport de conception. Si cette option est retenue pour la conception détaillée, une analyse de l'historique temporel non linéaire sera effectuée pour confirmer la charge de glissement optimale pour les amortisseurs à friction et l'amortissement structurel équivalent qui en résulte.

Afin d'obtenir des forces de soulèvement nulles au niveau des fondations, on suppose qu'un amortisseur à friction sera nécessaire pour chaque travée fonctionnelle contreventée, c'est-à-dire 1:1, et que neuf (9) nouvelles travées contreventées avec amortisseurs à friction seront installées. Cependant, lors de la conception détaillée, une analyse des coûts de l'enlèvement et de la remise en place des finitions par rapport à l'installation d'ancrages au roc peut révéler que la solution la plus économique peut être d'installer, par exemple, quatre (4) travées contreventées avec des amortisseurs à friction, puis des ancrages au roc aux travées restantes pour résister au soulèvement. L'optimisation de la conception n'entre pas dans le cadre des travaux du présent rapport conceptuel. Cependant, si cette option est retenue pour la conception détaillée, toutes les combinaisons pertinentes d'amortisseurs à friction seront évaluées.

Le tableau 4 décrit les détails de la stratégie de renforcement pour l'option 3 : Installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées. La conception des amortisseurs à friction ne fait pas partie actuellement de la norme CSA S16-09. Par conséquent, les valeurs de ductilité et de sur-résistance ne sont pas disponibles pour cette option. L'analyse de l'historique temporel non linéaire sera utilisée pour déterminer la conception optimale et la performance ultérieure du système, en utilisant des techniques fondées sur les recherches publiées et l'expérience antérieure de JLR dans la conception de systèmes de dissipation d'énergie similaires. D'après les hypothèses mentionnées ci-dessus, aucune modification du système structurel existant ne serait nécessaire si des travées contreventées et des amortisseurs à friction supplémentaires étaient installés. Il est également probable que les modernisations initiales des voies de transmission des charges pourraient être réduites jusqu'à trente pour cent (30 %) en conjonction avec cette option.

Le croquis 9 présente une conception de l'installation d'amortisseurs à friction proposée.

Tableau 4 : Option 3 – Installation d’amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées

	Occupation normale de 100 %	Occupation de protection civile de 150 %	Description
Remplacement des contreventements au rez-de-chaussée (existants)	Non	Non	
Remplacement des contreventements au deuxième étage (existants)	Non	Non	
Remplacement des poteaux au rez-de-chaussée	Non	Non	
Remplacement/modernisation des poteaux au deuxième étage	Non	Non	
Remplacement des poutres	Non	Non	
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au rez-de-chaussée	Non	Non	
Remplacement des assemblages entre les contreventements et les poteaux au deuxième étage	Non	Non	
Remplacement de l’assemblage à la plaque de base	Non	Non	
Forces de tension nécessitant une atténuation	Non	Non	

1) *Les hypothèses formulées pour la préparation du présent rapport doivent être confirmées au stade de la conception détaillée par une analyse de l’historique temporel non linéaire.*

3.0 **SÉQUENCE DES TRAVAUX**

La séquence des travaux pour chacune des options de modernisation est décrite ci-dessous.

1. Installer des renforcements des fondations (ancrages au roc), des plaques de base et des boulons d’ancrage selon les besoins des options 1 et 2 et éventuellement 3. Des travaux d’excavation autour du périmètre de la structure seront nécessaires. Afin de réduire au minimum la durée de présence des corps de métier sur le site, on suppose que les travaux de fondation seront effectués en une seule fois. Cela signifie que certaines des zones d’excavation pourront être exposées pendant la durée du projet. Lorsque les travaux sont terminés à l’emplacement d’une travée

contreventée, les excavations seront immédiatement remblayées et remises dans leur état initial dès que possible, pour des raisons de sécurité et de commodité pour le personnel de la mission. Une zone de travail clôturée sera créée et les passerelles seront réorientées pendant la durée des travaux.

2. Procéder aux renforcements initiaux des voies de transmission des charges. Le retrait des finitions extérieures sera nécessaire. Les modernisations du tablier du toit et du système de dalles du deuxième étage nécessiteront des travaux par le bas. Des échafaudages seront nécessaires pour accéder à ces éléments. On suppose que ces travaux se dérouleront par étapes afin de réduire au minimum les perturbations pour le personnel de la mission. Des zones de travail sécuritaires seront mises en place et des palissades seront utilisées pour réduire au minimum les perturbations pour les occupants du bâtiment. Des voies d'évacuation d'urgence seront prévues.
3. Enlever les finitions extérieures dans les emplacements des travées contreventées, si nécessaire, pour installer des renforcements aux travées contreventées existantes ou de nouvelles travées contreventées. On suppose que les travaux dans les travées contreventées se feront deux travées contreventées à la fois.
4. Enlever les finitions intérieures au besoin dans les travées contreventées ou les emplacements des nouvelles travées contreventées. Prévoir une zone de travail intérieure autour des emplacements des travées contreventées existantes et nouvelles.
5. Fournir des locaux transitoires temporaires au sein de la mission pour compenser l'espace perdu en raison des travaux du projet sismique.
6. Une fois les travaux terminés, les zones de travail seront remises dans leur état initial.

4.0 AVIS SUR LES COÛTS DE CONSTRUCTION PROBABLES ET LE CALENDRIER

Un avis sur les coûts de construction probables de catégorie D a été préparé pour la modernisation parasismique proposée en fonction de la conception décrite dans le présent rapport et des croquis ci-joints, et il est fondé sur les prix de construction d'Ottawa. Un facteur de correction approprié doit être appliqué par le MAECD pour calibrer les valeurs en fonction du marché de la construction de Bridgetown. Les prix unitaires ont été obtenus à partir du *Hanscomb Yardsticks for Costing 2013*, par le biais de discussions avec les entrepreneurs, les fournisseurs de matériaux de construction et à partir de l'expérience et de la connaissance de JLR dans l'industrie de la construction. Les avis sur les coûts de construction probables de catégorie D sont généralement

considérés comme suffisants pour prendre des décisions d'investissement correctes et obtenir des approbations de projets; et sont généralement considérés comme ayant un faible niveau de précision (environ +1 à 20 %). Il faut noter qu'en fournissant des avis sur les coûts de construction probables, JLR n'a aucune influence sur le coût ou la disponibilité de la main-d'œuvre, de l'équipement ou des matériaux, sur les conditions du marché ou sur la méthodologie de construction ou la stratégie de prix choisie par l'entrepreneur.

4.1 Option 1a) – Remplacement des contreventements existants à traction seulement

L'avis global sur les coûts de construction probables de catégorie D pour l'option de renforcement parasismique 1a), qui consiste à remplacer les contreventements existants à traction seulement pour la chancellerie canadienne à Bridgetown, est de 725 000 \$ pour le niveau de performance d'occupation normale, y compris des frais de 10 % pour les exigences générales, la mobilisation et les honoraires et une réserve pour éventualités de 20 %. Un résumé des coûts se trouve au tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Option 1a) – Remplacement des contreventements existants à traction seulement

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Renforcements des fondations :			
Excavation et remblayage	5 000,00 \$	5 000,00 \$	2 semaines
Passerelles et déviations	15 000,00 \$	15 000,00 \$	1 semaine
Installation d'ancrages au roc	80 000,00 \$	80 000,00 \$	1 semaine
Aménagement paysager pour remettre les terrains dans leur état initial à la fin des travaux	30 000,00 \$	30 000,00 \$	1 semaine
Total			4 semaines
Modernisations initiales des voies de transmission des charges :			
Échafaudage et zone de travail sécurisée	30 000,00 \$	30 000,00 \$	2 semaines
Modernisations du diaphragme du deuxième étage	12 500,00 \$	12 500,00 \$	4 semaines
Modernisations du diaphragme au niveau du toit	25 000,00 \$	25 000,00 \$	2 semaines

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Renforcement horizontal autour des ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit	20 000,00 \$	20 000,00 \$	4 semaines
Installation d'éléments périphériques au deuxième étage et au niveau du toit	17 000,00 \$	17 000,00 \$	4 semaines
Total			8 semaines
Modernisations du SRFL :			
Enlèvement des finitions intérieures et extérieures dans les emplacements des travées contreventées	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
Mise en place de locaux transitoires	75 000,00 \$	75 000,00 \$	2 semaines
Modernisations des travées contreventées existantes	40 000,00 \$	60 000,00 \$	9 semaines
Rétablissement des finitions intérieures et extérieures	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
			29 semaines
Total partiel	549 500,00 \$	569 500,00 \$	36 semaines
Exigences générales, mobilisation et frais (10 %)	54 950,00 \$	56 950,00 \$	
Coût total des travaux de construction	604 450,00 \$	626 450,00 \$	
Réserve pour éventualités (20 %)	120 890,00 \$	125 290,00 \$	
Budget total des travaux de construction	725 340,00 \$	751 740,00 \$	

Toutes les excavations seront achevées avant le début des travaux afin que les travaux de fondation et l'installation des ancrages au roc puissent être effectués en même temps. Des locaux transitoires seront mis en place à un endroit par étage, où les locaux adjacents aux travées contreventées pourront être transités pendant que les travaux ont lieu. Une fois la travée terminée, l'excavation sera remblayée et remise en état. Il faudra environ trois semaines à chaque emplacement de travée pour enlever les finitions, achever les travaux et remettre en place les finitions. Si deux travées peuvent être modernisées en même temps, le calendrier pourrait être raccourci de dix (10) semaines. Les modernisations des diaphragmes se feraient pendant les travaux sur le SRFL.

4.2 Option 1b) – Ajout d’emplacements de nouvelles travées contreventées

L’avis global sur les coûts de construction probables de catégorie D pour l’option de modernisation parasismique 1b), soit l’ajout de nouvelles travées contreventées à traction seulement adjacentes aux travées contreventées existantes pour la chancellerie canadienne à Bridgetown, est de 838 000 \$ pour le niveau de performance d’occupation normale, y compris des frais de 10 % pour les exigences générales, la mobilisation et les honoraires et une réserve pour éventualités de 20 %. Un résumé des coûts se trouve au tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Option 1b) – Ajout d’emplacements de nouvelles travées contreventées

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Renforcements des fondations :			
Excavation et remblayage	10 000,00 \$	10 000,00 \$	2 semaines
Passerelles et déviations	15 000,00 \$	15 000,00 \$	1 semaine
Installation d’ancrages au roc	160 000,00 \$	160 000,00 \$	2 semaines
Aménagement paysager pour remettre les terrains dans leur état initial à la fin des travaux	30 000,00 \$	30 000,00 \$	1 semaine
Total			5 semaines
Modernisations initiales des voies de transmission des charges :			
Échafaudage et zone de travail sécurisée	30 000,00 \$	30 000,00 \$	2 semaines
Modernisations du diaphragme du deuxième étage	12 500,00 \$	12 500,00 \$	4 semaines
Modernisations du diaphragme au niveau du toit	25 000,00 \$	25 000,00 \$	2 semaines
Renforcement horizontal autour des ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit	20 000,00 \$	20 000,00 \$	4 semaines
Installation d’éléments périphériques au deuxième étage et au niveau du toit	17 000,00 \$	17 000,00 \$	4 semaines
Total			8 semaines
Modernisations du SRFL :			

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Enlèvement des finitions intérieures et extérieures dans les emplacements des travées contreventées	100 000,00 \$	150 000,00 \$*	9 semaines
Mise en place de locaux transitoires	75 000,00 \$	75 000,00 \$	2 semaines
Modernisations des travées contreventées existantes	40 000,00 \$	55 000,00 \$	9 semaines
Rétablissement des finitions intérieures et extérieures	100 000,00 \$	150 000,00 \$*	9 semaines
			29 semaines
Total partiel	634 500,00 \$	749 500,00 \$	36 semaines
Exigences générales, mobilisation et frais (10 %)	63 450,00 \$	74 950,00 \$	
Coût total des travaux de construction	697 950,00 \$	824 450,00 \$	
Réserve pour éventualités (20 %)	139 590,00 \$	164 890,00 \$	
Budget total des travaux de construction	837 540,00 \$	989 340,00 \$	

Le calendrier de l'option 1b) est similaire à celui de l'option 1a) pour le niveau de conception de 100 %. Pour le niveau de performance d'occupation de protection civile, les contreventements existants au rez-de-chaussée doivent être remplacés, en plus de la fabrication de la nouvelle travée contreventée, ce qui ajoute 4,5 semaines au calendrier. Comme dans l'option 1a), l'ajout d'un emplacement des nouvelles travées contreventées nécessiterait trois (3) semaines à chaque emplacement.

4.3 Option 2 – Installation de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)

L'avis global sur les coûts de construction probables de catégorie D pour l'option 2, qui consiste à remplacer les contreventements existants à traction seulement par de nouveaux contreventements à traction-compression (CLF) pour la chancellerie canadienne à Bridgetown, est de 1 062 000 \$ pour le niveau de performance d'occupation normale ou de protection civile, y compris des frais de 10 % pour les exigences générales, la mobilisation et les honoraires et une réserve pour éventualités de 20 %. Un résumé des coûts se trouve au tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 : Option 2 – Nouveaux contreventements à traction-compression (CLF)

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Renforcements des fondations :			
Excavation et remblayage	5 000,00 \$	5 000,00 \$	2 semaines
Passerelles et déviations	15 000,00 \$	15 000,00 \$	1 semaine
Installation d'ancrages au roc	160 000,00 \$	160 000,00 \$	2 semaines
Aménagement paysager pour remettre les terrains dans leur état initial à la fin des travaux	30 000,00 \$	30 000,00 \$	2 semaines
Total			5 semaines
Modernisations initiales des voies de transmission des charges :			
Échafaudage et zone de travail sécurisée	30 000,00 \$	30 000,00 \$	2 semaines
Modernisations du diaphragme du deuxième étage	12 500,00 \$	12 500,00 \$	4 semaines
Modernisations du diaphragme au niveau du toit	25 000,00 \$	25 000,00 \$	2 semaines
Renforcement horizontal autour des ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit	20 000,00 \$	20 000,00 \$	4 semaines
Installation d'éléments périphériques au deuxième étage et au niveau du toit	17 000,00 \$	17 000,00 \$	4 semaines
Total			8 semaines
Modernisations du SRFL :			
Enlèvement des finitions intérieures et extérieures dans les emplacements des travées contreventées	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
Mise en place de locaux transitoires	75 000,00 \$	75 000,00 \$	2 semaines
Modernisations des travées contreventées existantes	225 000,00 \$	225 000,00 \$	6 semaines
Rétablissement des finitions intérieures et extérieures	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
			26 semaines
Sous-total	804 500,00 \$	804 500,00 \$	33 semaines

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Exigences générales, mobilisation et frais (10 %)	80 450,00 \$	80 450,00 \$	
Coût total des travaux de construction	884 950,00 \$	884 950,00 \$	
Réserve pour éventualités (20 %)	176 990,00 \$	176 990,00 \$	
Budget total des travaux de construction	1 061 940,00 \$	1 061 940,00 \$	

Le calendrier d'installation des nouveaux contreventements à traction-compression est similaire à celui de l'option 1b). Cependant, étant donné qu'un seul contreventement est installé sur chaque travée, le temps nécessaire à l'achèvement des travaux de modernisation des travées contreventées est réduit de trois (3) semaines. Le budget pour les niveaux de force de 100 % et 150 % est identique, car les mêmes travaux d'atténuation sont nécessaires pour chaque option. Les forces sont simplement plus élevées pour le niveau de force d'occupation de protection civile.

4.4 Option 3 – Installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées

L'avis global sur les coûts de construction probables de catégorie D pour l'option 3, soit l'installation d'amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées de la chancellerie canadienne à Bridgetown, est de 660 000 \$ pour le niveau de performance d'occupation normale ou de protection civile, y compris des frais de 10 % pour les exigences générales, la mobilisation et les honoraires et une réserve pour éventualités de 20 %. Un résumé des coûts se trouve au tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8 : Option 3 – Amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Renforcements des fondations :			
Excavation et remblayage			
Passerelles et déviations	7 500,00 \$	7 500,00 \$	1 semaine
Installation d'ancrages au roc			

Activité	Forces sismiques de conception de 100 %	Forces sismiques de conception de 150 %	Calendrier
Aménagement paysager pour remettre les terrains dans leur état initial à la fin des travaux	7 500,00 \$	7 500,00 \$	1 semaine
Total			2 semaines
Modernisations initiales des voies de transmission des charges :			
Échafaudage et zone de travail sécurisée	30 000,00 \$	30 000,00 \$	2 semaines
Modernisations du diaphragme du deuxième étage	12 500,00 \$	12 500,00 \$	4 semaines
Modernisations du diaphragme au niveau du toit	25 000,00 \$	25 000,00 \$	2 semaines
Renforcement horizontal autour des ouvertures au deuxième étage et au niveau du toit	20 000,00 \$	20 000,00 \$	4 semaines
Installation d'éléments périphériques au deuxième étage et au niveau du toit	17 000,00 \$	17 000,00 \$	4 semaines
Total			8 semaines
Modernisations du SRFL :			
Enlèvement des finitions intérieures et extérieures dans les emplacements des travées contreventées	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
Mise en place de locaux transitoires	75 000,00 \$	75 000,00 \$	2 semaines
Modernisations des travées contreventées existantes	135 000,00 \$	135 000,00 \$	9 semaines
Rétablissement des finitions intérieures et extérieures	100 000,00 \$	100 000,00 \$	9 semaines
			29 semaines
Total partiel	498 150,00 \$	498 150,00 \$	33 semaines
Exigences générales, mobilisation et frais (10 %)	49 815,00 \$	49 815,00 \$	
Coût total des travaux de construction	547 965,00 \$	547 965,00 \$	
Réserve pour éventualités (20 %)	109 593,00 \$	109 593,00 \$	
Budget total des travaux de construction	657 558,00 \$	657 558,00 \$	

Le calendrier d'installation des amortisseurs à friction est similaire à celui des CLF. Cette option nécessite moins de temps pour les travaux sur place et le calendrier pourrait être réduit de 4,5 semaines supplémentaires si les travaux peuvent être effectués simultanément sur deux travées.

Les coûts de construction probables sont basés sur les coûts de construction au Canada. Aucune considération n'a été accordée aux éléments suivants :

- frais pour que JLR réalise la conception détaillée;
- coût de l'expédition des matériaux de construction à Bridgetown à partir du Canada;
- élimination des finitions enlevées des bâtiments;
- résistance et propriétés des matériaux disponibles à Bridgetown;
- coût du transport des outils ou des équipements nécessaires.

5.0 RÉSUMÉ DES OPTIONS

Les détails associés à chaque option de modernisation, les coûts de construction, le calendrier de construction et les répercussions sur la poursuite des opérations de la mission ont été estimés et sont résumés dans le tableau 9 ci-dessous. Les options de modernisation présentées dans le tableau 9 sont conçues pour résister à 100 % de la force latérale.

Tableau 9 : Résumé des options de modernisation

	Option de modernisation 1a	Option de modernisation 1b	Option de modernisation 2	Option de modernisation 3
Type de modernisation	Contreventements à traction seulement	Contreventements à traction seulement	Contreventements à traction-compression (CLF)	Amortisseurs à friction
R_d et R_o	1,5 et 1,3	1,5 et 1,3	4 et 1,2	S. O.
Cisaillement à la base (KN)	1 757	1 757	714	À déterminer
Rapport de dérive entre les étages, indiquant les dommages aux finitions	<0,025, indiquant des dommages	<0,01 h_s , indiquant des dommages minimes	<0,01 h_s , indiquant des dommages minimes	À déterminer
Coût estimatif de la construction	725 340 \$	837 540 \$	1 061 940 \$	657 558 \$

	Option de modernisation 1a	Option de modernisation 1b	Option de modernisation 2	Option de modernisation 3
<i>Durée estimée de la construction sur place</i>	36 semaines	36 semaines	33 semaines	33 semaines
<i>Répercussions pour la poursuite des opérations de la mission</i>	Le remplacement d'une travée contreventée par une autre peut s'effectuer une travée à la fois. L'espace perdu fera l'objet d'une utilisation transitoire.	Le remplacement d'une travée contreventée par une autre peut s'effectuer une travée à la fois. L'espace perdu fera l'objet d'une utilisation transitoire.	Le remplacement d'une travée contreventée par une autre peut s'effectuer une travée à la fois. L'espace perdu fera l'objet d'une utilisation transitoire.	Pas de renforcement des fondations, les perturbations autour de la chancellerie seraient réduites au minimum.
<i>Renforcement des fondations requis</i>	Ancrages au roc	Ancrages au roc	Ancrages au roc	

6.0 **RECOMMANDATIONS**

L'analyse des options indique que la solution de modernisation la plus économique est l'installation d'amortisseurs à friction dans des travées contreventées supplémentaires adjacentes aux travées contreventées existantes. Le principal avantage de cette solution est qu'aucun travail de fondation ne sera nécessaire. Les modernisations des diaphragmes doivent toujours être effectuées; cependant, il est probable que les forces de conception puissent être réduites en raison de l'amortissement accru de la structure. On suppose que les modernisations initiales des voies de transmission des charges et les modernisations du SRFL sont effectuées simultanément afin de réduire au minimum le calendrier du projet. L'installation d'amortisseurs à friction limite l'étendue des travaux de modernisation aux endroits où les amortisseurs seraient installés. Les travées contreventées existantes ne nécessitent pas de mesures d'atténuation. Les amortisseurs à friction assurent une dissipation d'énergie plus stable que l'option suivante la plus économique, à savoir l'option 1a) Remplacement des contreventements existants à traction seulement. Il est recommandé d'installer des amortisseurs à friction dans les nouvelles travées contreventées situées à côté des travées contreventées existantes au rez-de-chaussée et au deuxième étage. Les amortisseurs à friction doivent être conçus pour 150 % de la charge de calcul sismique ou du niveau de performance d'occupation de protection civile. Le coût de l'augmentation de la charge de calcul sismique à 150 % est négligeable et permettra à la mission de continuer à fonctionner après l'événement sismique de conception. Si cette option passe à l'étape de la

conception détaillée, il est possible que le nombre d'amortisseurs à friction par rapport à l'installation d'ancrages au roc soit optimisé pour trouver le point d'intersection où un amortissement suffisant est fourni tout en réduisant au minimum les coûts associés à l'enlèvement et à la remise en place des finitions. Il s'agit d'un exercice de conception détaillée, mais il apporterait des avantages au projet en termes de réduction des coûts et du calendrier.

7.0 RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

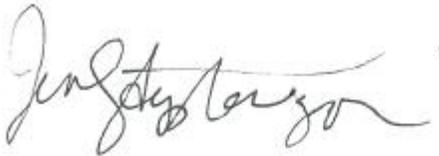
À la lumière des résultats de l'évaluation sismique de la phase 2, composante 1, le MAECD a décidé de procéder à l'étude de la phase 2, composante 2. Le but de la présente étude est d'élaborer des options de modernisation parasismique qui permettent l'atteinte des objectifs de performance de la chancellerie. Trois options de modernisation différentes ont été envisagées : le remplacement des contreventements existants à traction seulement par de nouveaux contreventements à traction seulement, l'ajout de nouvelles travées contreventées à traction seulement, le remplacement des contreventements existants par des contreventements à traction-compression (CLF) et l'ajout d'amortisseurs à friction dans les nouvelles travées contreventées adjacentes aux travées contreventées existantes.

Les coûts de construction approximatifs et les calendriers de construction ont été déterminés pour chaque option de modernisation. En termes d'économie et de performance, l'option de modernisation privilégiée serait d'installer des amortisseurs à friction dans de nouvelles travées contreventées adjacentes aux travées contreventées existantes. Au stade de la conception détaillée, ce concept sera optimisé pour déterminer le nombre optimal d'amortisseurs, la charge de glissement et l'amortissement tout en réduisant au minimum les forces de soulèvement résultantes, les coûts et les répercussions sur le calendrier. La solution de conception finale comprendrait le nombre minimal d'amortisseurs à friction et d'ancrages au roc requis dans le plus petit nombre de travées possible, ce qui se traduirait par le coût le plus bas et le calendrier d'installation le plus court pour la mission.

Le présent rapport a été préparé pour le client nommé, dans le but indiqué, pour l'établissement nommé. Ses discussions et conclusions sont de nature sommaire et ne peuvent être correctement utilisées, interprétées ou étendues à d'autres fins sans une compréhension et des discussions détaillées avec le client quant à l'objectif, la portée et les limites de son mandat. Le rapport a été préparé pour le seul bénéficiaire et l'usage du MAECD et ne peut être utilisé ou invoqué par aucune autre partie sans le consentement écrit exprès de J.L. Richards & Associates Limited. Le rapport est protégé par le droit d'auteur et ne peut être reproduit ou utilisé, autrement que par le MAECD dans le but indiqué, sans le consentement écrit exprès de J.L. Richards & Associates Limited.

Rédigé par :

J.L. RICHARDS & ASSOCIATES LIMITED



Jennifer Stephenson, ing., M.A.Sc.

Examiné par :



John R. Elliot, ing.