

*Commission d'enquête
sur le viaduc
de la Concorde*

Québec 

DIRECTION DES STRUCTURES

**RAPPORT SUR LES CAUSES
TECHNIQUES DE L'EFFONDREMENT
DU PONT D'ÉTAGEMENT DE LA
CONCORDE (P-14146)**

PRÉSENTATION POWERPOINT

Pièce MTQ-2A

Commissaires M^e Pierre Marc Johnson, président
M. Armand Couture, ing.
M. Roger Nicolet, ing., M.Sc.



Rapport du ministère des Transports sur les causes techniques de l'effondrement du pont d'étagement du boulevard de la Concorde

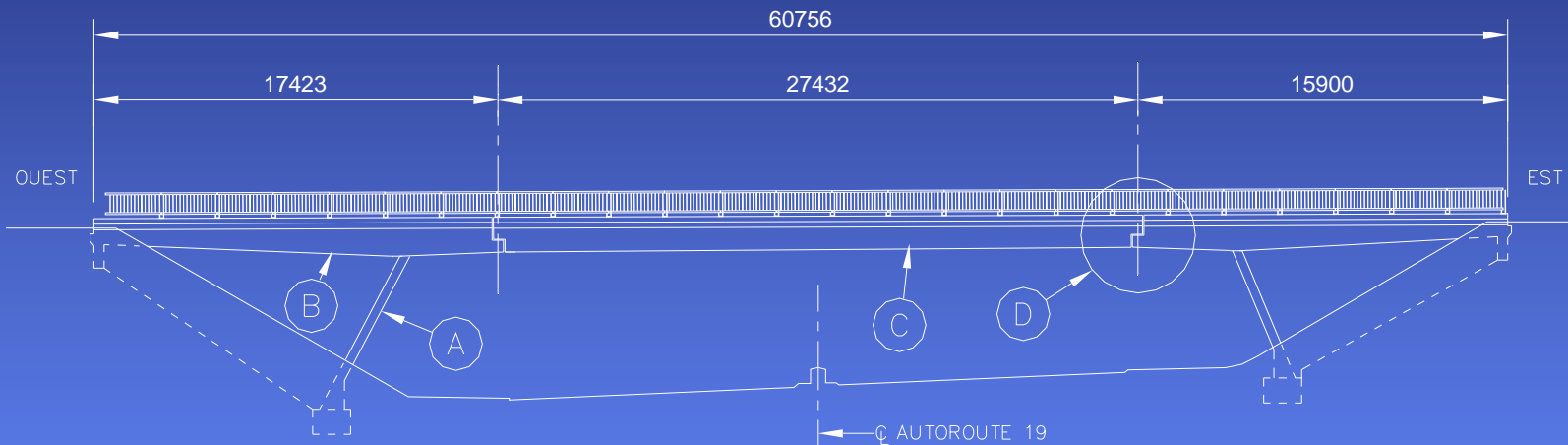
P-14146

Juillet 2007

Guy Richard, ing. M. Sc. A
Directeur des structures

Coupe transversale

Élévation du pont d'étagement



ÉLÉVATION

- (A) → MUR DE FONDATION
- (B) → DALLE ÉPAISSE
- (C) → TRAVÉE CENTRALE
- (D) → ZONE D'APPUI AVEC CHAISE



Avantages d'une telle structure

- ❑ La rapidité d'exécution;
- ❑ La réduction de la profondeur des poutres-caissons pour un meilleur dégagement vertical sous le pont;
- ❑ La simplicité des calculs (ouvrage isostatique);
- ❑ La simplicité de construction;

Inconvénients d'une telle structure

- ❑ Présence de deux points d'appuis de type « chaise » au-dessus de la travée centrale;
- ❑ La présence de joints de tablier dans l'axe des appuis de type « chaise »;
- ❑ Difficulté d'inspection du détail de la chaise;
- ❑ La difficulté d'accès au détail de la chaise lors des travaux de réparation;

Inconvénients d'une telle structure (suite)

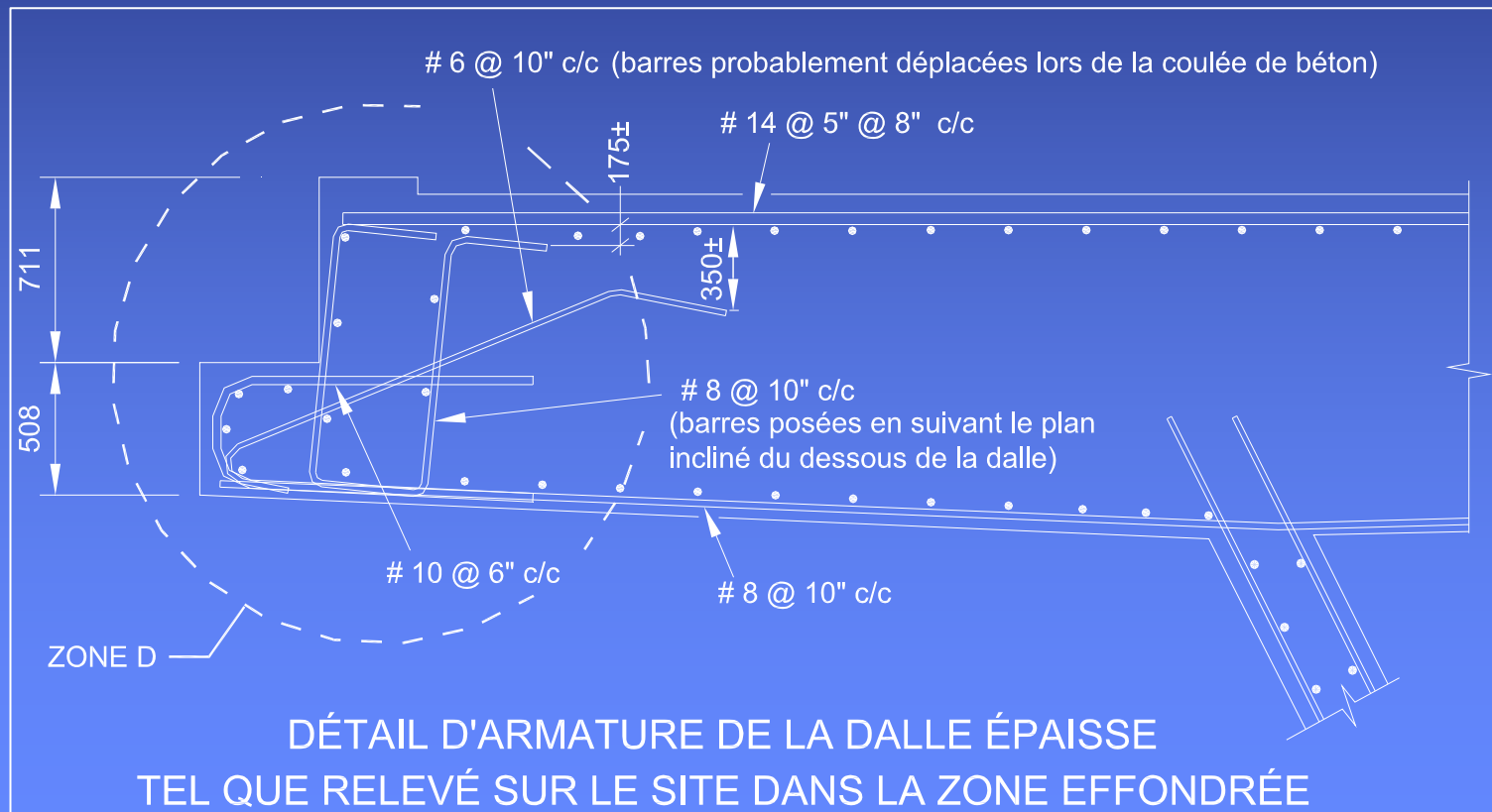
- ❑ L'absence de redondance structurale dans l'éventualité d'une rupture de la dalle épaisse (ouvrage isostatique);
- ❑ La présence de poutres-caissons de faible dimension qui ne peuvent pas être inspectées de l'intérieur.

Actions prises par le MTQ

- Suite à l'effondrement le Ministère a:
 - Étudié les plans et le dossier du pont;
 - Investigué les différents détails d'armatures de la structure et constaté que l'armature n'était pas disposée conformément aux plans;
 - Prélevé des carottes de béton pour en connaître les propriétés;
 - Praticqué des fenêtres d'investigation sur Concorde et De Blois pour détecter les fissures potentielles;
 - Réalisé des calculs pour évaluer la partie problématique de l'ouvrage;
 - Réalisé des analyses par éléments finis supplémentaires.

Observations faites par le ministère des Transports

- ❑ Déficience majeure de la fabrication et de la mise en place de l'armature à la chaise;



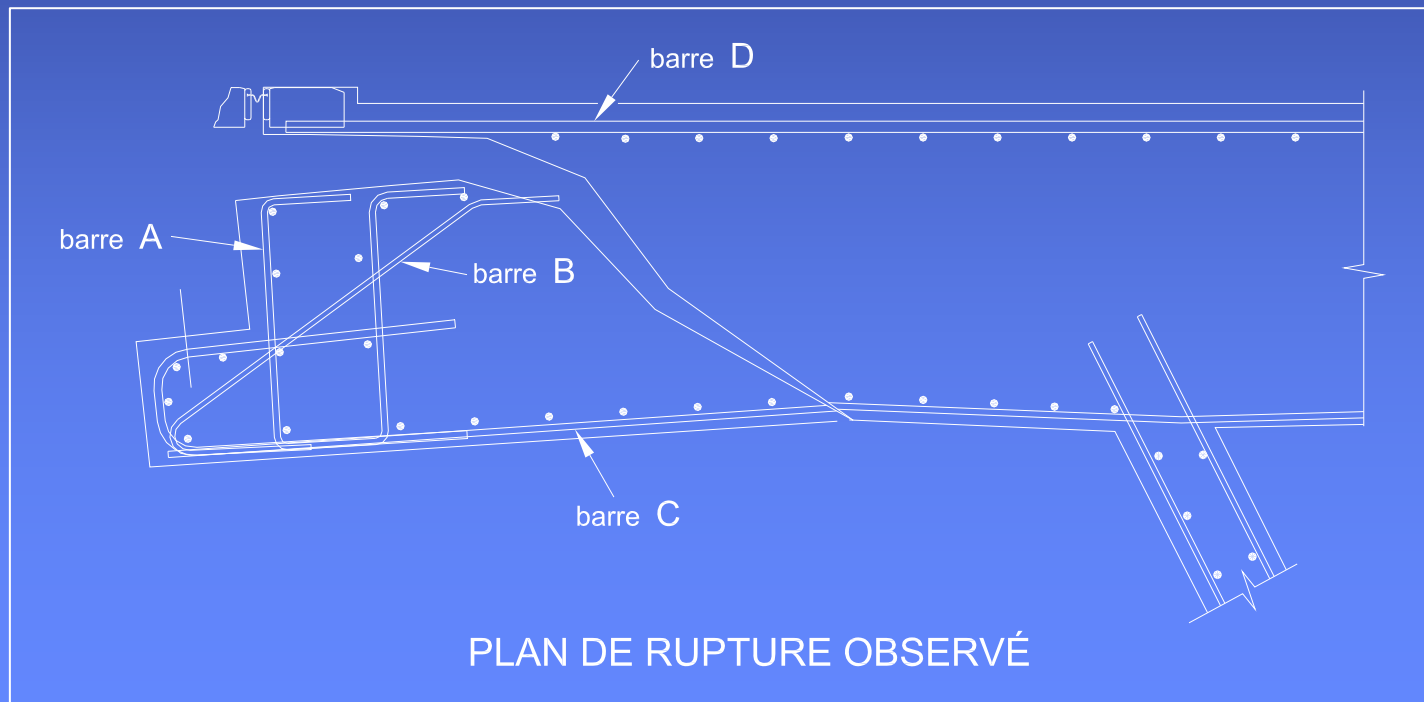
Observations faites par le ministère des Transports (suite)

- ❑ La plupart des éléments principaux ont un état jugé bon ou acceptable lors de l'inspection générale de 2005. Des travaux d'entretien sont requis à l'extrémité des poutres et leurs assises;
- ❑ Des éléments secondaires nécessitent de l'entretien :
 - Joints de tablier;
 - Chasse-roue/trottoir;
- ❑ Ces travaux étaient prévus à la programmation du MTQ;

Observations faites par

le ministère des Transports (suite)

- ❑ Effondrement subit sans signes avant-coureurs permettant un temps de réaction normal;
- ❑ Aucune barre d'armature d'importance ne traverse le plan de rupture;



Observations faites par le ministère des Transports (suite)

- ❑ Par rapport à une situation idéale pour 1970:
 - Les étriers A sont trop courts, ils devraient être au dessus des barres #14 (D);
 - Les barres #14 devraient se terminer par un crochet, tel que démontré avec justesse dans «Concrete detailing practice» de 1967;
 - Les barres inclinées (B) devraient se prolonger au dessus de la barre #14 (D):
- ❑ Le béton semble sain structurellement mais déficient en termes de durabilité.

Hypothèses sur les causes de l'effondrement

□ Suite à ces constatations le Ministère a émis les hypothèses suivantes trois jours après l'effondrement:

1. Un plan de fissuration s'est développé à l'intérieur de la dalle épaisse en porte-à-faux;

Hypothèses sur les causes de l'effondrement (suite)

2. Le plan a pu se développer près de la chaise. Il a pu aussi se développer à un point plus près de l'extrémité de la barre oblique B;
3. Ce plan de faiblesse a progressé avec les années:

La faible résistance au gel et au dégel du béton a favorisé le désagrégation du béton, la fissure étant alimentée en eau et saumure. La capacité du béton en cisaillement en a été réduite.

Conclusion

- ❑ Les éléments à la source de la rupture sont :
 1. Mauvais détail d'armature à l'extrémité de la dalle épaisse près de la chaise laissant un espace libre entre l'acier de flexion et celui de cisaillement;
 2. Mauvaise disposition des aciers d'armature à l'extrémité de la culée lors de la construction;

Conclusion (suite)

3. Infiltration d'eau dans une fissure d'un béton inapproprié en termes de durabilité: l'effet du gel et du dégel ayant altéré la qualité du béton à la face de la fissure;
4. Le plan de fissuration était profondément enfoui dans la masse du béton de la culée du pont et ne pouvait être détecté à moins de pratiquer de profondes fenêtres d'investigation;

Conclusion (suite)

- Il s'agit d'un cas d'effondrement rarissime dû à un enchaînement de plusieurs facteurs dont l'action combinée ne pouvait avoir de conséquences aussi graves que sur ce type particulier de structure.

Plan d'action du Ministère

- Fort de ces hypothèses, le Ministère a réalisé une nouvelle analyse de son parc de structures pour identifier les structures dont le concept est susceptible de mener à une rupture fragile. Parallèlement à ce travail, le Ministère a confié à l'École Polytechnique le mandat de réunir un groupe d'experts pour valider ces hypothèses et d'autres au besoin.

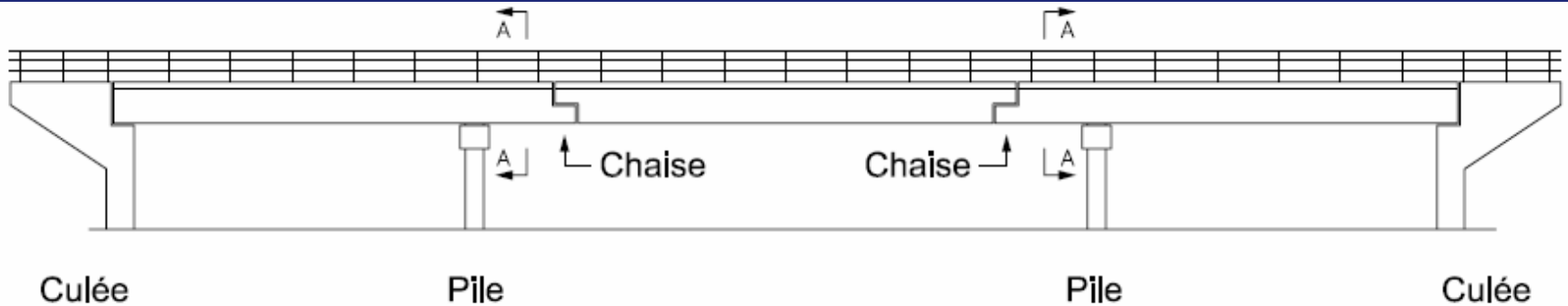
Traitement des structures similaires

- ❑ De Blois (fermé quelques heures après l'effondrement)
- ❑ A-31 à Joliette (modifié quelques semaines après l'effondrement)
- ❑ A-10 à Saint-Alphonse (démoli le 23 mai 2007)

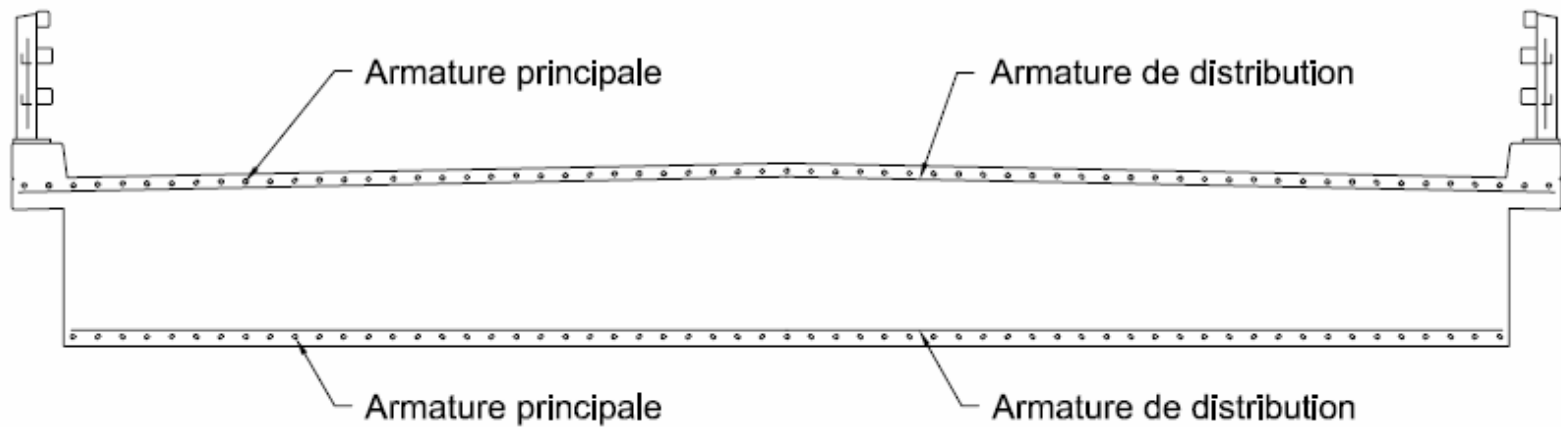
Structures de conception apparentées

- ❑ Restent 15 structures avec chaises en travées;
- ❑ Plans analysés:
 - Pas de dalles épaisses pleines;
 - Dalles évidées (armées);
 - Poutres;
- ❑ Ces structures ont été inspectées: le tout a été complété au début d'octobre 2006. Ces structures seront inspectées annuellement et seront modifiées d'ici cinq ans, par mesure préventive, et à cause des difficultés d'inspection et d'entretien.

Dalle épaisse pleine

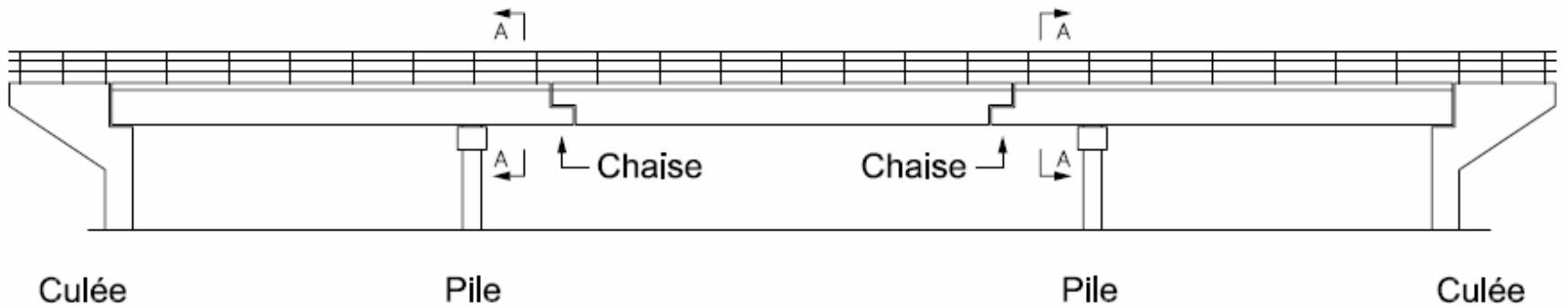


ÉLÉVATION

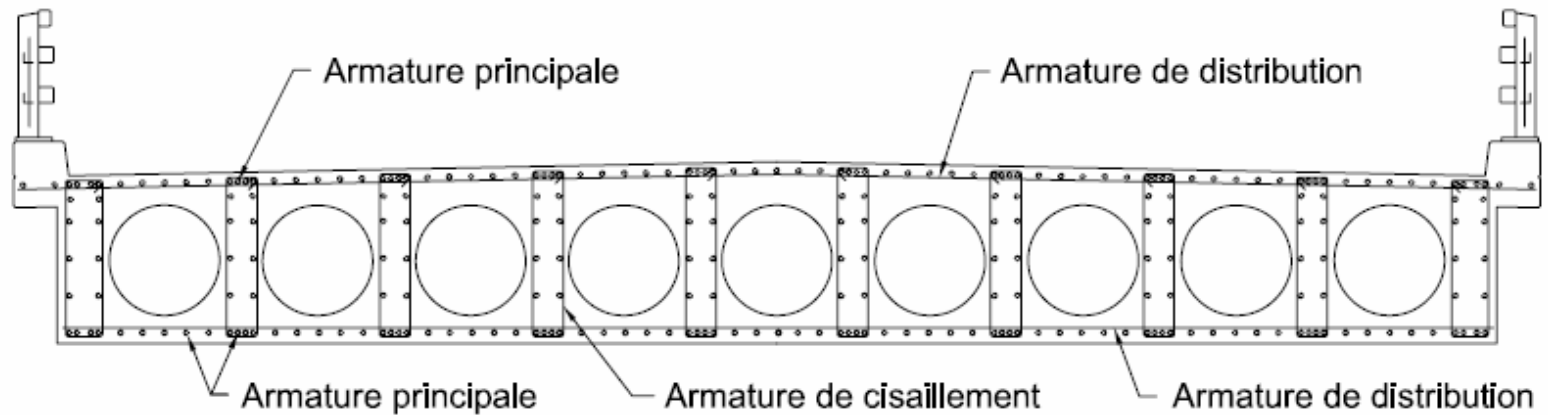


COUPE A-A

Dalle épaisse évidée



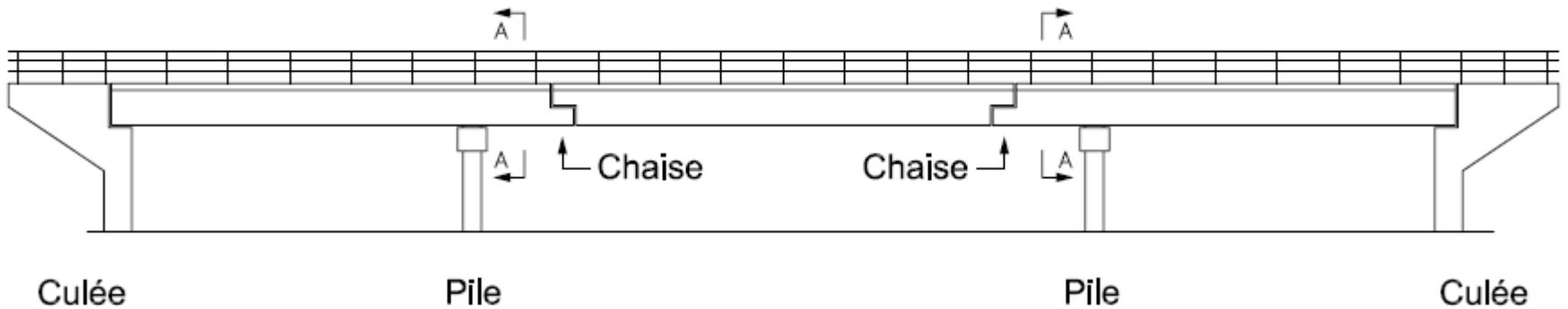
ÉLÉVATION



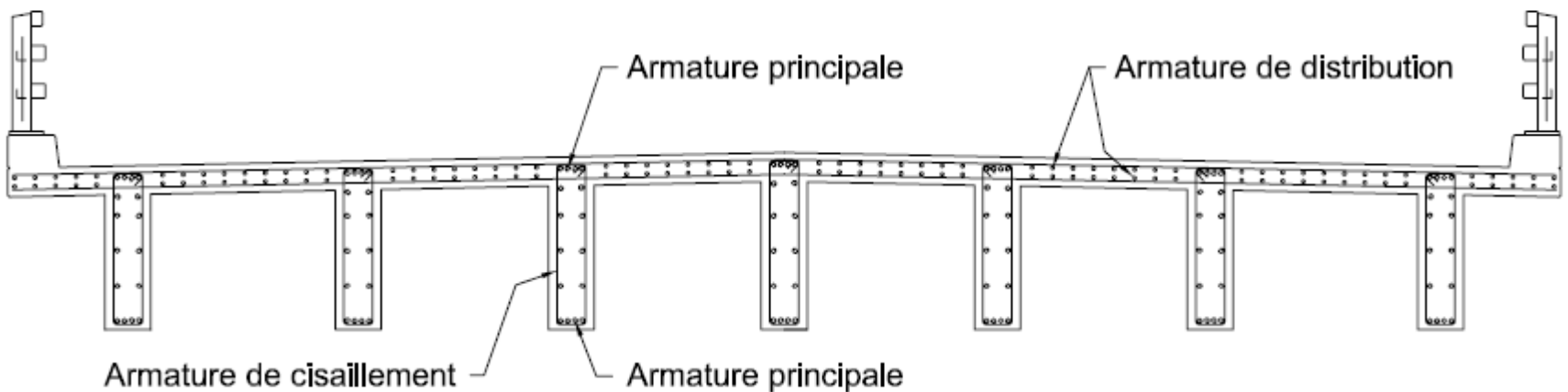
COUPE A-A



Dalle sur poutres



ÉLÉVATION



COUPE A-A

Structures avec dalles en porte-à-faux

- ❑ 23 structures identifiées;
- ❑ Plans ont été vérifiés pour s'assurer d'une redondance;
- ❑ Une attention particulière sera portée sur celles qui n'ont pas d'étrier en cisaillement en y ajoutant l'éclairage des rapports d'inspection et éventuellement d'une caractérisation du béton.

Structures en béton précontraint par post-tension

- Vérification pour redondance dans la distribution des câbles de précontrainte;
- Une analyse cas par cas sera faite.

Structures avec poutres d'acier sans redondance

- ❑ Structures à deux poutres;
- ❑ Travail entrepris depuis plusieurs années pour éliminer ce type de pont;
- ❑ Fréquence d'inspection rapprochée pour suivre l'état des ponts restants;
- ❑ Inspections régulières aux particules magnétiques sur ces ponts.

Structures à dalles épaisses

- ❑ Vérification de leurs détails d'armatures sur les plans;
- ❑ Analyse des rapports d'inspections générales pour en vérifier l'état;
- ❑ Identification des structures à évaluer incluant une expertise des matériaux.

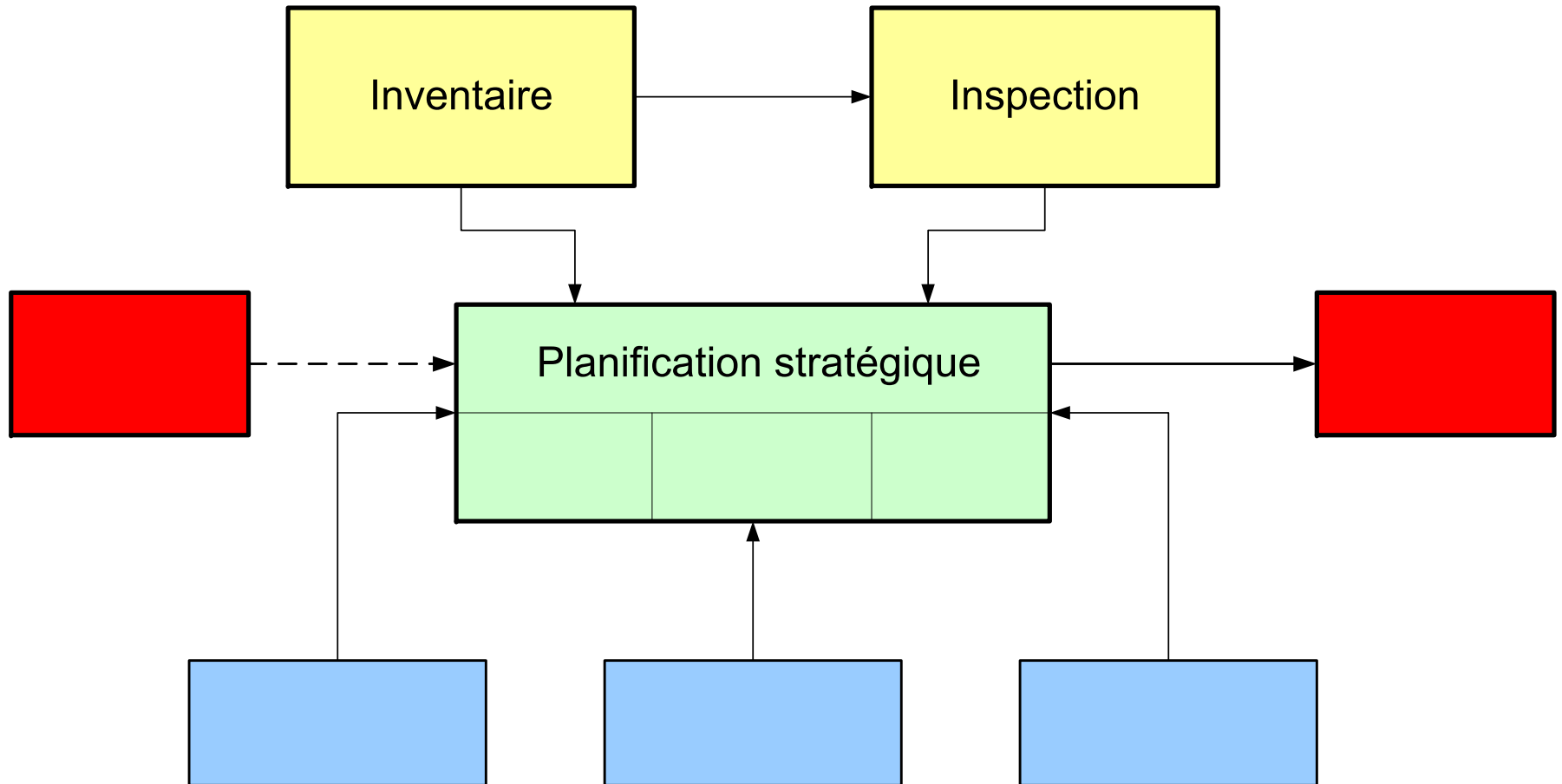
Structures à dalles épaisses pleines sur colonnes (sans chevêtres apparents)

- ❑ Vérification des plans pour connaître les détails d'armature;
- ❑ Généralement le chevêtre est dans la dalle;
- ❑ Analyse des rapports d'inspections générales pour en vérifier l'état;
- ❑ Identification des structures à évaluer incluant une expertise des matériaux.

Vérification des portiques en béton armé

- ❑ Vérification des plans pour en connaître les détails d'armature;
- ❑ Analyse des rapports d'inspections générales;
- ❑ Expertise des matériaux si nécessaire;
- ❑ Évaluation de la capacité portante au besoin.

Gestion du risque ajoutée à la gestion des structures du MTQ





FIN