ANNEXE J

POTEAUX TESTÉS SELON UN CHARGEMENT STATIQUE ET TESTÉS SELON UN CHARGEMENT CYCLIQUE ET STATIQUE

TABLE DES MATIÈRES

J.1 Poteaux testés selon un chargement statique 564

J.1.1 Poteau composite N-C 564

J.1.2 Poteau composite NF-C 568

J.1.3 Poteau composite N-1 571

J.1.4 Poteau composite NF-1 574

J.1.5 Poteau composite NF-2 577

J.1.6 Poteau composite H-1 580

J.1.7 Poteau composite HF-1 583

J.1.8 Poteau composite H-2 586

J.1.9 Poteau composite HF-2 590

J.2 Poteaux testés selon un chargement cyclique et statique 594

J.2.1 Poteau composite N-1cyc 594

J.2.2 Poteau composite NF-1cyc 599

J.2.3 Poteau composite NF-2cyc 604

J.2.4 Poteau composite H-1cyc 610

J.2.5 Poteau composite HF-1cyc 615

J.2.6 Poteau composite H-2cyc 620

J.2.7 Poteau composite HF-2cyc 625

J.1 Poteaux testés selon un chargement statique

J.1.1 Poteau composite N-C

Description du spécimen

Le poteau composite N-C est un poteau testé en compression pure le 12 janvier 2007.

Ce poteau était fait de béton normal dont la résistance nominale était de 30 MPa et dont la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 39.2 MPa.

Ce test a servi à caractériser la résistance axiale maximale de ce type de poteau composite.

Déroulement de l'essai

La charge axiale maximale atteinte pour le poteau composite a été de 8756 kN (avec une flèche transversale pratiquement nulle). La séquence des évènements a été la suivante :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *nord*, au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau et écrasement du béton à la face *sud*, au 5e espace de 240 mm à partir du haut poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu voilement local à la face *nord* (coins *N-E* et *N-O*) au 3e espace de 240 mm à partir du haut, et à la face *sud* (coins *S-E* et *S-O*) aux 1er et 2e espaces de 240 mm à partir du haut;

- Finalement, des voilements locaux se sont produits un peu partout sur la hauteur du poteau, aux extrémités comme au centre.

Présentation des résultats

La Figure J-2 et les Figures E-1 et E-3 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-1 Photographie du poteau N-C (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

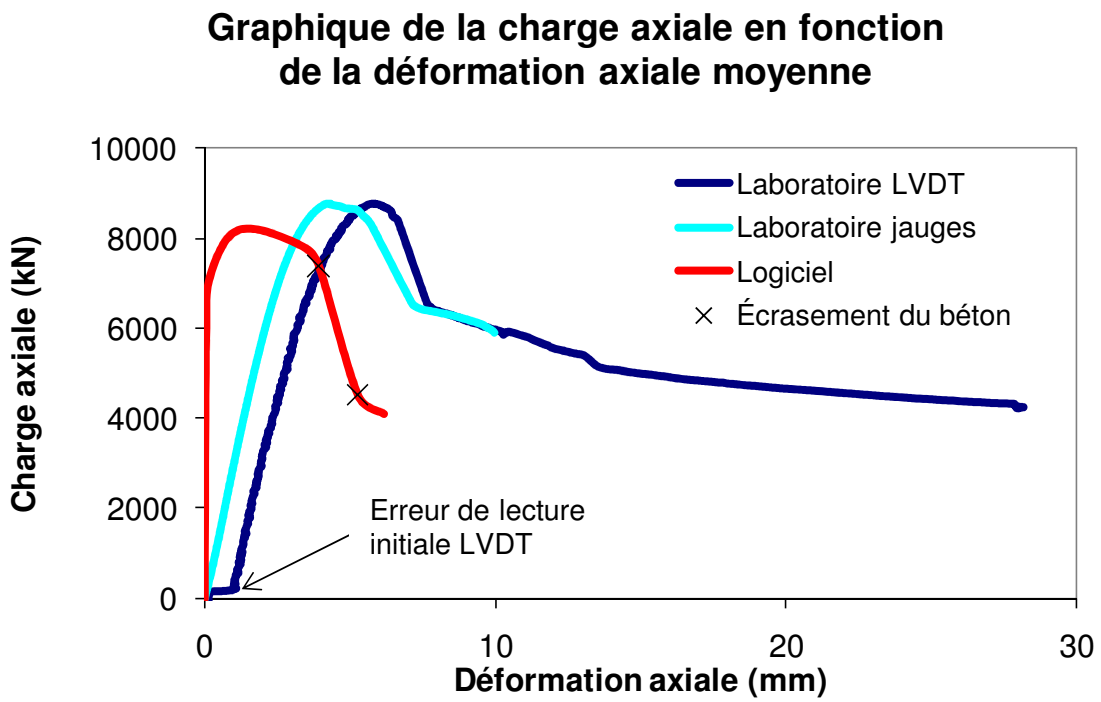

Figure J-2 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau N-C

La Figure J-2 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont similaires mais que le logiciel surestime la rigidité du poteau par rapport aux résultats dérivés des lectures réalisées à l'aide des *LVDT* et des jauges. Ce phénomène a été observé uniquement avec les analyses sur les poteaux composites soumis à un chargement en compression pure. Étant donné que l'excentricité appliquée à la charge axiale appliquée est pratiquement nulle, l'analyse ne permet pas au poteau de flamber tant et aussi longtemps que la combinaison de flambement global et de voilement local ne devient pas significative. D'ailleurs, les Figures D-23 et D-24 de l'Annexe D montrent que la rigidité initiale diminue rapidement lorsque l'excentricité initiale de la charge axiale augmente.

La valeur de la charge axiale maximale dépend, entre autres, du choix du facteur de réduction de la résistance du béton. Les analyses réalisées dans le Chapitre 6 utilisaient un facteur de 0.9. Ce facteur fait l'objet d'une discussion à l'Annexe J, Section J.2.3. Une fonctionnalité ajoutée au logiciel de calculs a permis d'établir que le voilement local modifie le comportement du poteau dès le début du chargement. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie

post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 7380 kN et avant d'atteindre 4510 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

À noter que les résultats du logiciel de calculs et les résultats expérimentaux peuvent différer en ce qui a trait à la cause qui initie la rupture du poteau. En laboratoire, le début du voilement local peut être difficile à observer et l'écrasement du béton peut sembler être la première cause de rupture du poteau. D'un autre côté, le logiciel de calculs pose l'hypothèse que les déformations initiales sont dirigées vers l'extérieur du poteau et cela fait en sorte que l'effet du voilement local est plus important qu'en laboratoire (voir la Section 3.6).

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau N-C sont présentés à l'Annexe E.

J.1.2 Poteau composite NF-C

Description du spécimen

Le poteau composite NF-C est un poteau testé en compression pure le 15 janvier 2007.

Ce poteau était fait de béton normal renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 30 MPa et dont la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 37.9 MPa.

Ce test a servi à caractériser la résistance axiale maximale de ce type de poteau composite.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 9565 kN (avec une flèche transversale pratiquement nulle) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local à la face *nord* (coins *N-E* et *N-O*), au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Pratiquement en même temps, il y a eu voilement local à la face *sud* (coins *S-E* et *S-O*) et écrasement du béton au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Finalement, dans la partie post-pic du chargement, il y a eu écrasement du béton à la face *nord* au 5e espace de 240 mm à partir du haut et des voilements locaux se sont produits un peu partout sur la hauteur du poteau, aux extrémités comme au centre.

Présentation des résultats

La Figure J-4 et les Figures E-4 et E-6 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-3 Photographie du poteau NF-C (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

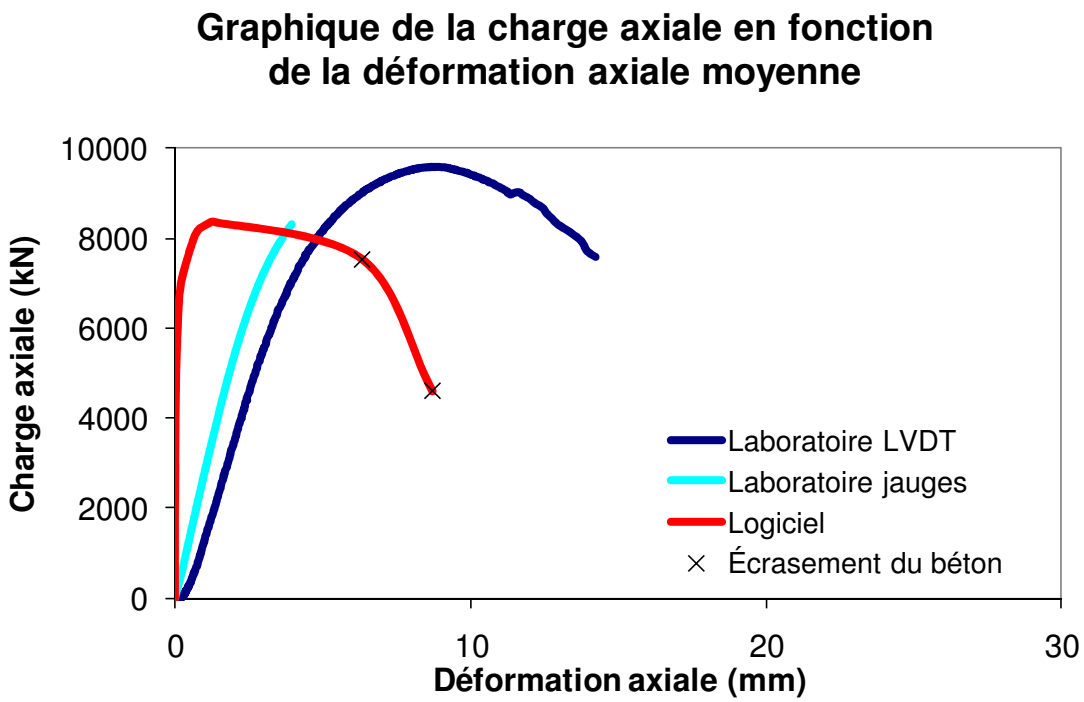

Figure J-4 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-C

La Figure J-4 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont similaires mais que le logiciel surestime la rigidité du poteau par rapport aux résultats dérivés des lectures réalisées à l'aide des *LVDT* et des jauges. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 7524 kN et avant d'atteindre 4598 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau NF-C sont présentés à l'Annexe E.

J.1.3 Poteau composite N-1

Description du spécimen

Le poteau composite N-1 est un poteau testé le 4 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 18 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$.

Ce poteau était fait de béton normal dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 38.5 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.81P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite chargé principalement en compression dont la composante de flexion provient de l'excentricité des assemblages qui transmettent les efforts axiaux.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 7380 kN (avec une flèche transversale mesurée de 2.6 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau (coin *N-O*) et écrasement du béton de la face *ouest* au 5e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu voilement local à la face *ouest* (coins *S-O* et *N-O*) aux 3e et 4e espaces de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

La Figure J-6 et les Figures E-7 et E-9 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-5 Photographie du poteau N-1 (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

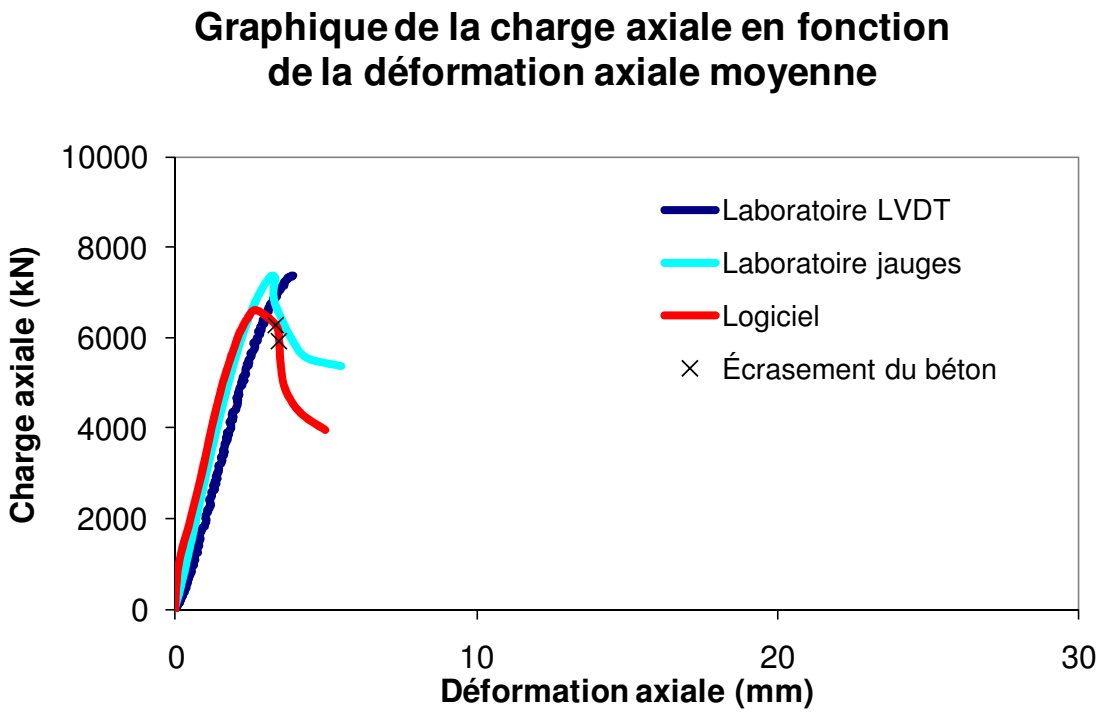

Figure J-6 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau N-1

La Figure J-6 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel de calculs sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 6270 kN et avant d'atteindre 5940 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau N-1 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.4 Poteau composite NF-1

Description du spécimen

Le poteau composite NF-1 est un poteau testé le 3 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 21 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$.

Ce poteau était fait de béton normal renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 37.1 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.79P_r$ (ou $0.82P_u$) selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite chargé principalement en compression dont la composante de flexion provient de l'excentricité des assemblages qui transmettent les efforts axiaux.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 8037 kN (avec une flèche transversale mesurée de 7.0 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local à la face *ouest* (coins S-O et N-O) aux 2e et 4e espaces de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Pratiquement en même temps, il y a eu écrasement du béton à la face *ouest* au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau, i.e. au centre du poteau.

Présentation des résultats

La Figure J-8 et les Figures E-10 et E-12 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-7 Photographie du poteau NF-1 (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

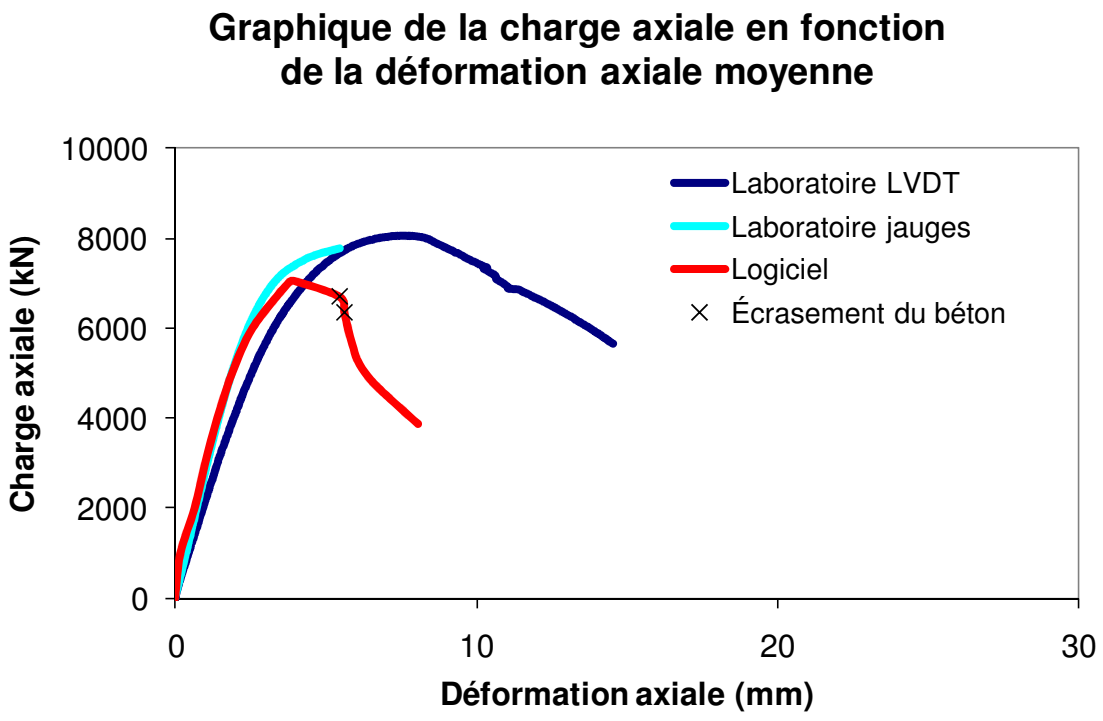

Figure J-8 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-1

La Figure J-8 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 6688 kN et avant d'atteindre 6336 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau NF-1 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.5 Poteau composite NF-2

Description du spécimen

Le poteau composite NF-2 est un poteau testé le 5 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 77 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$.

Ce poteau était fait de béton normal renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 37.2 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.51P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées (voir Section 5.1.1.2). Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 5301 kN (avec une flèche transversale mesurée de 10.2 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Il y a eu voilement local (coins *S-O* et *N-O*) et écrasement du béton initiés dans les 1er, 2e et 3e espaces de 240 mm à partir du haut du poteau à la face *ouest*.

Présentation des résultats

La Figure J-10 et les Figures E-13 et E-15 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-9 Photographie du poteau NF-2 (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

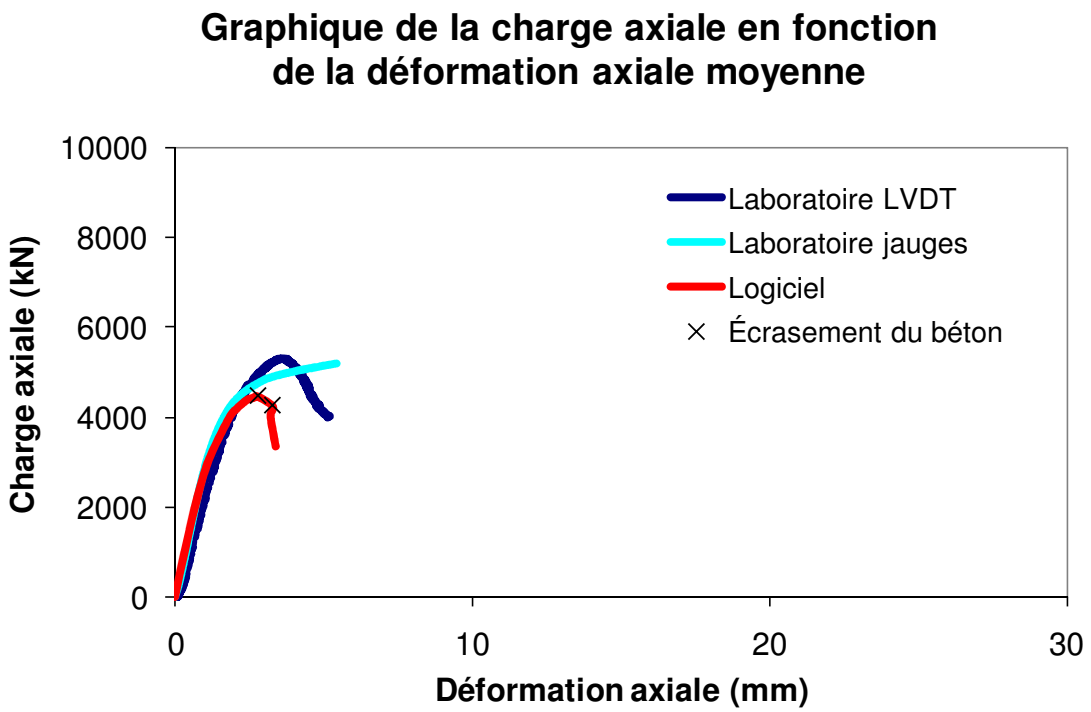

Figure J-10 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-2

La Figure J-10 montre que les résultats obtenus expérimentalement des *LVDT* et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 4480 kN et avant d'atteindre 4256 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau NF-2 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.6 Poteau composite H-1

Description du spécimen

Le poteau composite H-1 est un poteau testé le 14 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe fort avec une excentricité de 17 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 50.1 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.88P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite préférablement utilisé pour les niveaux inférieurs des bâtiments multi-étagés où les charges axiales sont très élevées et l'espace disponible est plus critique. Les poteaux pouvant être soumis à des sollicitations en compression-flexion menant à une résistance axiale de l'ordre de $0.85P_r$ sont les poteaux de contreventements soumis aux efforts du vent ou de séismes ou encore les poteaux de murs de refend soumis à des efforts sismiques.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 9536 kN (avec une flèche transversale mesurée de 2.5 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local sur le coin *S-E* au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, il y a eu écrasement du béton sur la face *sud* au 5e espace de 240 mm à partir du haut du poteau ainsi qu'un voilement local sur le coin *S-E* au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Finalement, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu le voilement local sur le coin *N-E* au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

La Figure J-12 et les Figures E-16 et E-18 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

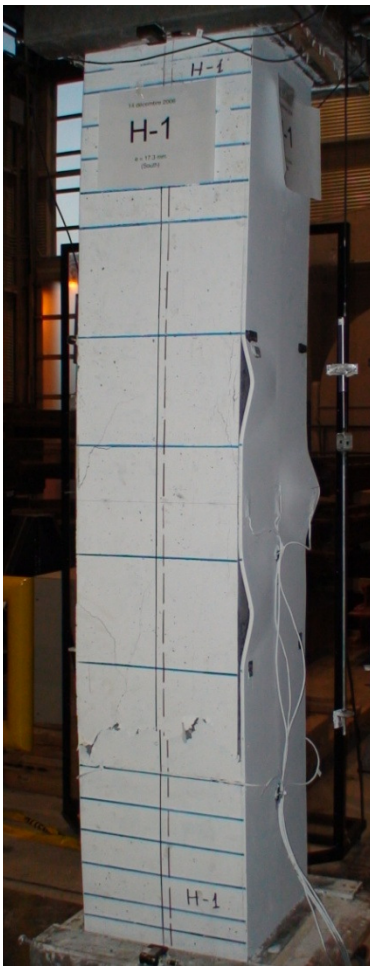

Figure J-11 Photographie du poteau H-1 (de gauche à droite : faces *sud* et *est*)

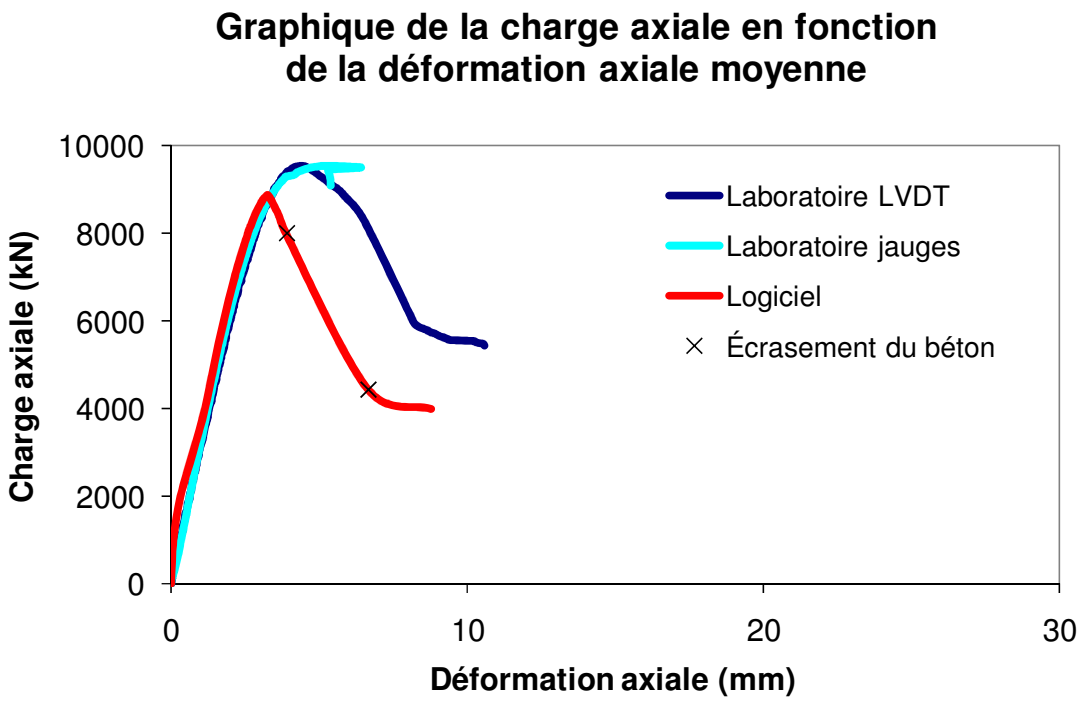

Figure J-12 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau H-1

La Figure J-12 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 7992 kN et avant d'atteindre 4440 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau H-1 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.7 Poteau composite HF-1

Description du spécimen

Le poteau composite HF-1 est un poteau testé le 1er décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe fort avec une excentricité de 24 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$.

Ce poteau était fait de béton haute performance renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.3 MPa, l'excentricité utilisée a tout de même permis d'atteindre $0.84P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*). Ceci est probablement causé par les valeurs expérimentales des déformations du béton à l'ultime et des autres paramètres relatifs aux modèles de béton et d'acier utilisés qui modifient le comportement de la section du poteau composite.

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite préférablement utilisé pour les niveaux inférieurs des bâtiments multi-étagés où les charges axiales sont très élevées et l'espace disponible est plus critique. Les poteaux pouvant être soumis à des sollicitations en compression-flexion menant à une résistance axiale de l'ordre de $0.85P_r$ sont les poteaux de contreventements soumis aux efforts du vent ou de séismes ou encore les poteaux de murs de refend soumis à des efforts sismiques.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 9758 kN (avec une flèche transversale mesurée de 5.7 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Il y a eu voilement local sur le coin *S-O* au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau et écrasement du béton sur la face *sud* au 5e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu le voilement local sur le coin *N-O*, au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

La Figure J-14 et les Figures E-19 et E-21 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-13 Photographie du poteau HF-1 (de gauche à droite : faces *nord* et *ouest*)

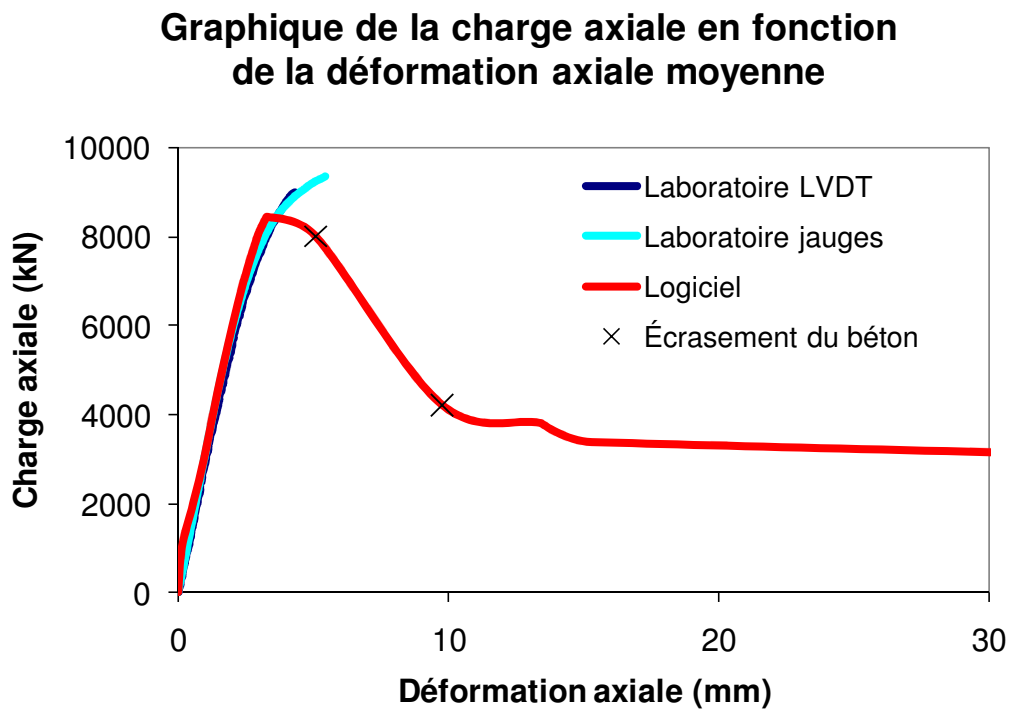

Figure J-14 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau HF-1

La Figure J-14 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 8018 kN et avant d'atteindre 4220 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau HF-1 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.8 Poteau composite H-2

Description du spécimen

Le poteau composite H-2 est un poteau testé le 12 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 65 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.8 MPa, l'excentricité utilisée a tout de même permis d'atteindre environ $0.54P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*). Ceci est probablement causé par les valeurs expérimentales des déformations du béton à l'ultime et des autres paramètres relatifs aux modèles de béton et d'acier utilisés qui modifient le comportement de la section du poteau composite.

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées. Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible et le comportement des poteaux faits de béton haute performance pourra alors être comparé directement avec les poteaux faits de béton normal et testés également pour obtenir $0.55P_r$.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 5955 kN (avec une flèche transversale mesurée de 4.2 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *ouest*, aux 2e et 3e espaces de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu voilement local sur les coins *S-O* et *N-O* aux 2e et 3e espaces de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

La Figure J-16 et les Figures E-22 et E-24 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

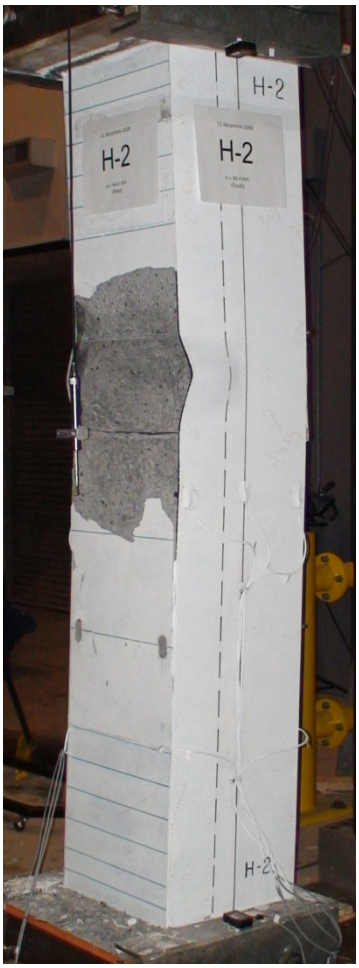

Figure J-15 Photographie du poteau H-2 (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

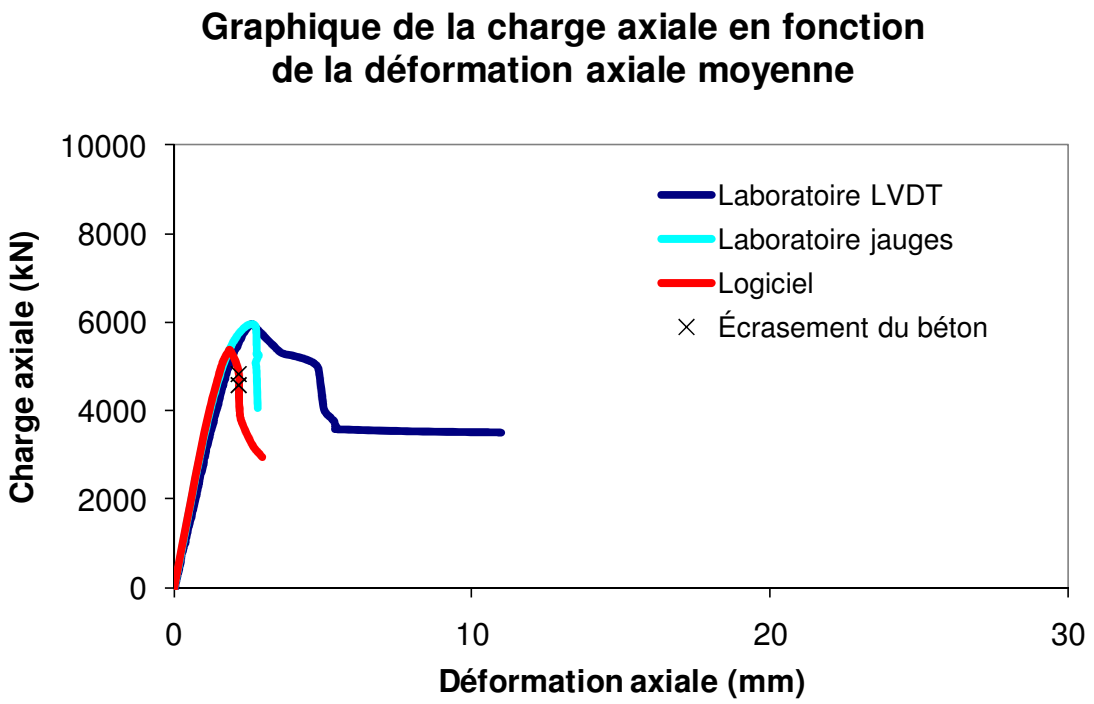

Figure J-16 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau H-2

La Figure J-16 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 4824 kN et avant d'atteindre 4556 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau H-2 sont présentés à l'Annexe E.

J.1.9 Poteau composite HF-2

Description du spécimen

Le poteau composite HF-2 est un poteau testé le 7 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 79 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.7 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.49P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées. Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible et le comportement des poteaux faits de béton haute performance pourra alors être comparé directement avec les poteaux faits de béton normal et testés également pour obtenir $0.55P_r$.

Déroulement de l'essai

La rupture du poteau composite s'est produite à 5910 kN (avec une flèche transversale mesurée de 13.1 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *ouest*, au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau, et voilement local au coin *N-O* également au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu voilement local à la face *ouest* au 1er espace de 240 mm à partir du haut du poteau (coin *N-O*) et au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau (coin *S-O*).

À noter que c'est le seul cas où le voilement local était alterné pour un poteau chargé suivant son axe faible. Généralement, le voilement local se produit des deux côtés simultanément. Par comparaison, lorsque les poteaux sont sollicités suivant leur axe fort, cette forme de voilement alterné se retrouve systématiquement pour tous les poteaux.

Présentation des résultats

La Figure J-18 et les Figures E-25 et E-27 de l'Annexe E permettent de comparer les résultats expérimentaux aux résultats obtenus avec le modèle analytique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-17 Photographie du poteau HF-2 (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

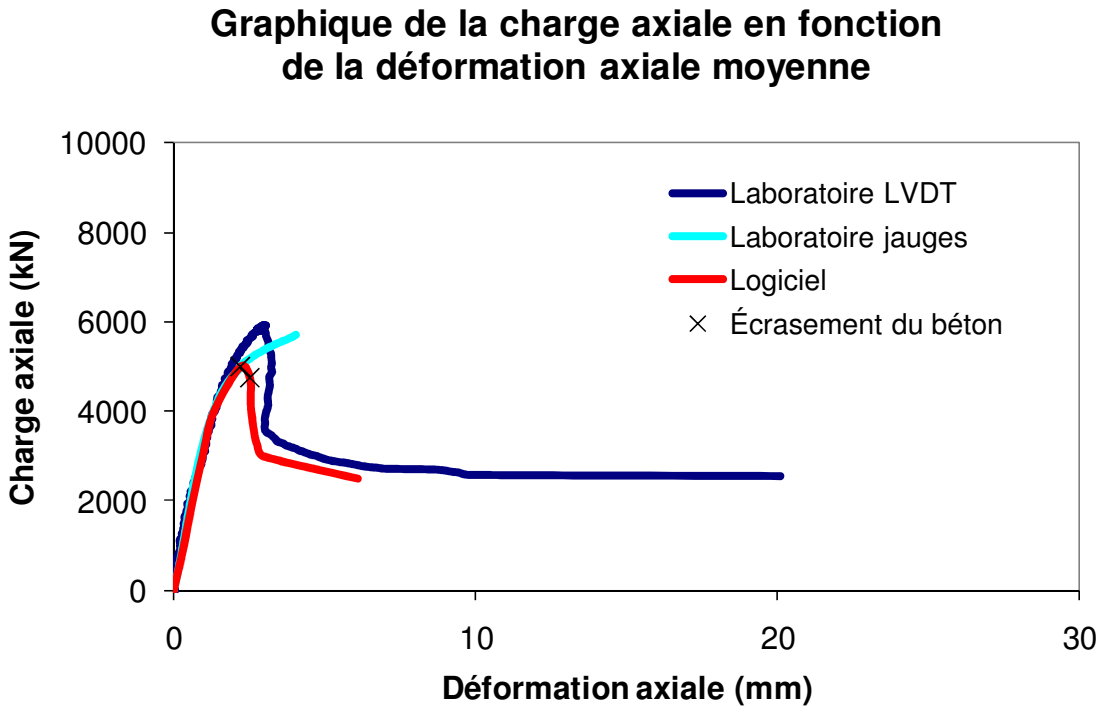

Figure J-18 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau HF-2

La Figure J-18 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. Pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 5000 kN et avant d'atteindre 4750 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

Les graphiques de la charge axiale en fonction de la flèche transversale, de la charge axiale en fonction du moment et du moment fléchissant en fonction de la courbure du poteau HF-2 sont présentés à l'Annexe E.

J.2 Poteaux testés selon un chargement cyclique et statique

J.2.1 Poteau composite N-1cyc

Description du spécimen

Le poteau composite N-1cyc est un poteau testé le 8 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 18 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_{r.}$ La différence par rapport au poteau N-1, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton normal dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 38.9 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.81P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite chargé principalement en compression dont la composante de flexion provient de l'excentricité des assemblages qui transmettent les efforts axiaux et ce, après avoir subi un chargement cyclique.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 4800 kN et 850 kN (i.e. entre $0.76P_r$ et $0.14P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2700 kN et 850 kN (i.e. entre $0.43P_r$ et $0.14P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4800 kN et 850 kN (i.e. entre $0.76P_r$ et $0.14P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2700 kN et 850 kN (i.e. entre $0.43P_r$ et $0.14P_r$).

La Figure J-20 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 4 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 7210 kN (avec une flèche transversale mesurée de 1.6 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local à la face *ouest* (coins *S-O* et *N-O*) au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau et écrasement du béton à la face *ouest* au droit également du 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

  Il y a eu rupture de la soudure du tirant sur le coin *S-O* sous le 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- À noter que durant la partie post-pic du chargement, des jauges résistives à mi-hauteur du poteau ont enregistré du voilement local à la charge axiale de ± 4550 kN.

Présentation des résultats

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux N-1 et N-1cyc est présenté ici. À noter que la partie cyclique des courbes n'est pas présentée afin de rendre les

graphiques plus clairs. Le déplacement latéral des courbes par rapport à celles déterminées par le logiciel de calculs indique que le poteau a subi un endommagement permanent sous les charges cycliques avant d'être soumis à un chargement monotonique. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-19 Photographie du poteau N-1cyc : a) Vue d'ensemble du poteau dans la partie post-pic (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*) b) Rupture de la soudure d'un tirant durant le test

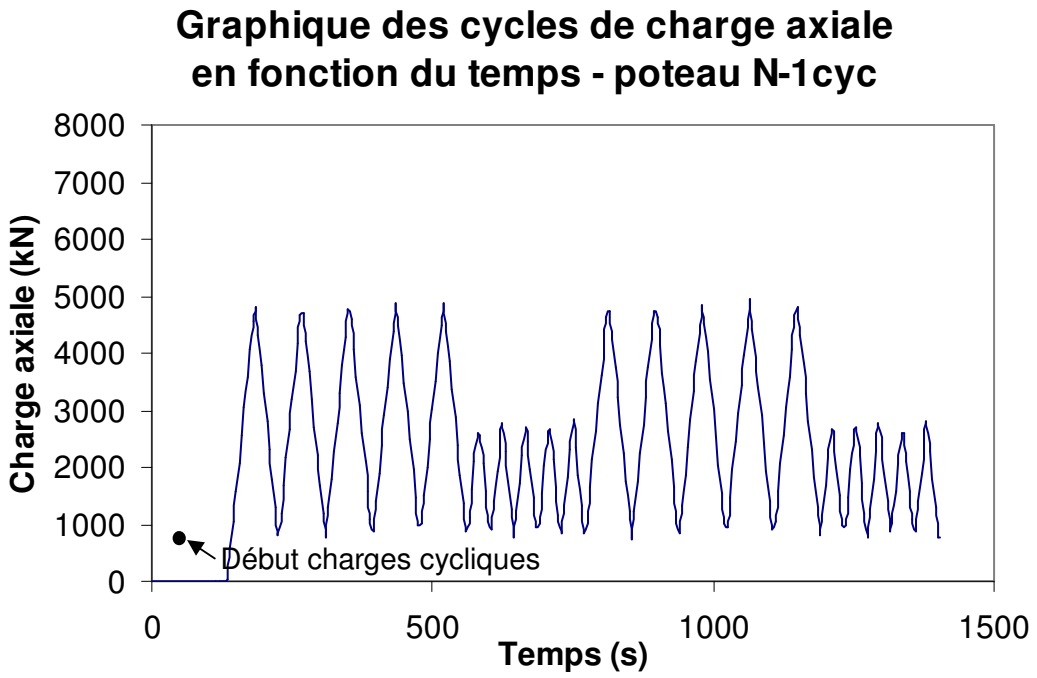

Figure J-20 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau N-1cyc

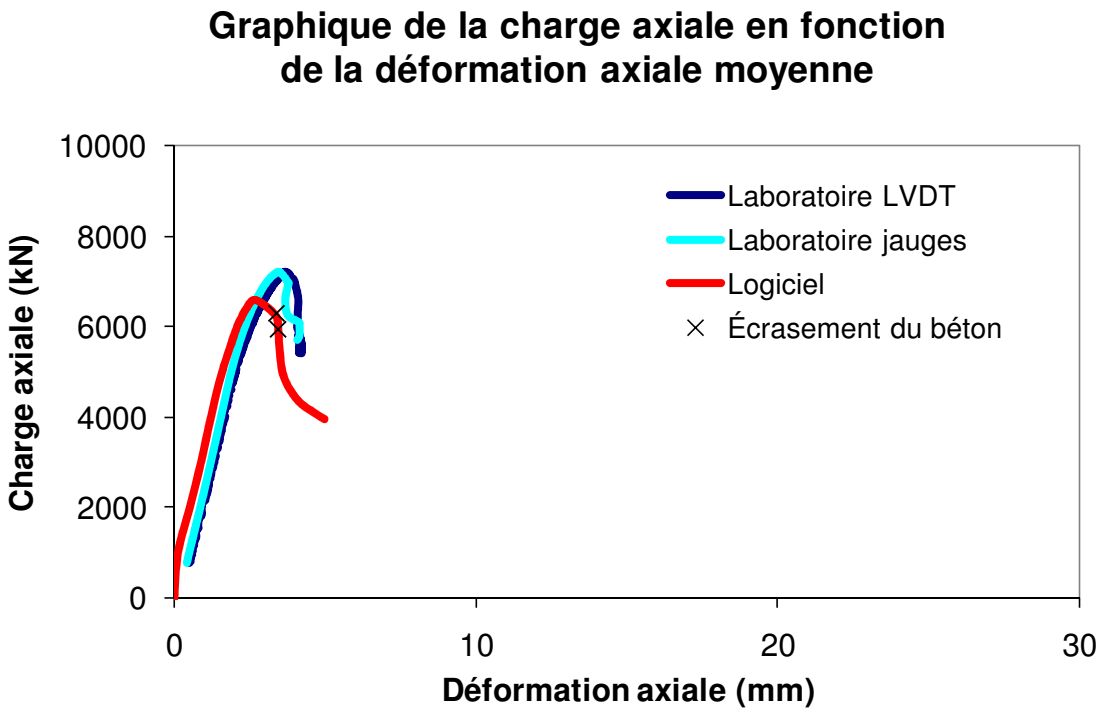

Figure J-21 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau N-1cyc

La Figure J-21 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel de calculs sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-6, montrée à la Figure J-22, conduit aussi à ce constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 6270 kN et avant d'atteindre 5940 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

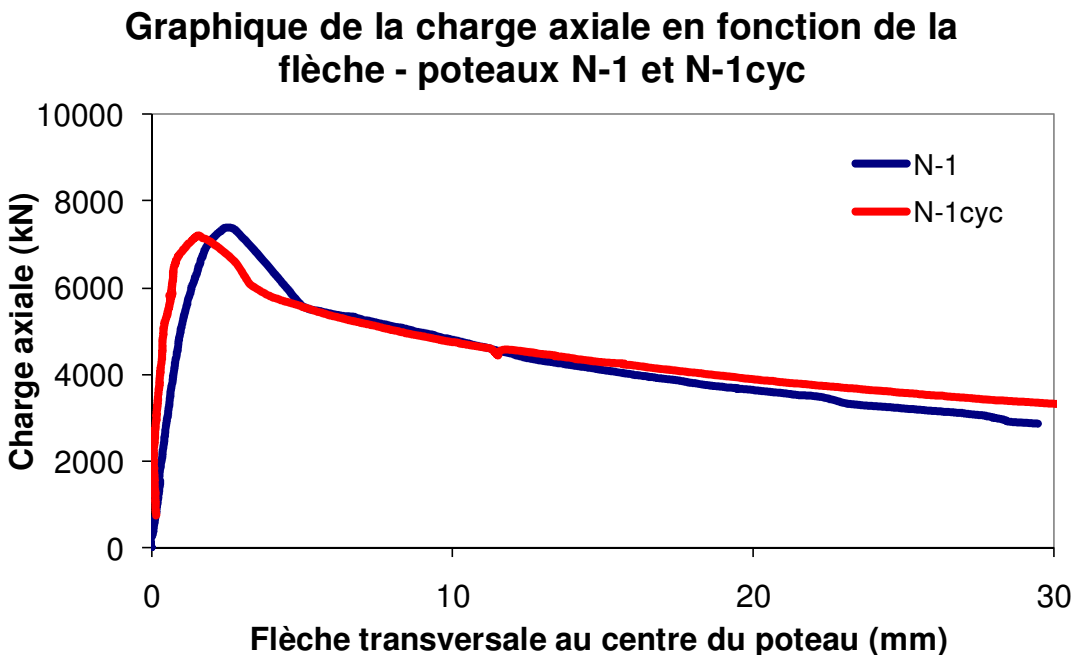

Figure J-22 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux N-1 et N-1cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est très similaire. La rigidité initiale du poteau composite semble toutefois plus élevée lorsque le poteau composite a été soumis à un chargement cyclique initial et cette observation peut être réalisée pour tous les poteaux composites de ce type. Une hypothèse poourrait expliquer ce phénomène. Le retrait du béton empêché par le profilé d'acier a pu créer des microfissures dans le béton. Le chargement cyclique a pu contribuer à refermer les fissures et ainsi rendre le comportement initial du poteau composite plus rigide.

J.2.2 Poteau composite NF-1cyc

Description du spécimen

Le poteau composite NF-1cyc est un poteau testé le 6 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 21 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$. La différence par rapport au poteau NF-1, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton normal renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 37.3 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.79P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite chargé principalement en compression dont la composante de flexion provient de l'excentricité des assemblages qui transmettent les efforts axiaux.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 4700 kN et 1000 kN (i.e. entre $0.71P_r$ et $0.15P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2600 kN et 1000 kN (i.e. entre $0.39P_r$ et $0.15P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4700 kN et 800 kN (i.e. entre $0.71P_r$ et $0.12P_r$);
- 4 cycles oscillant entre 2700 kN et 800 kN (i.e. entre $0.41P_r$ et $0.12P_r$).

La Figure J-24 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 4 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 8032 kN (avec une flèche transversale mesurée de 4.2 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton suivi de voilement local à la face *ouest* (coins S-O et N-O) au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, d'autres voilements locaux se sont produits sur la hauteur du poteau;

- À noter que durant la partie post-pic du chargement, des jauges résistives à mi-hauteur du poteau ont enregistré du voilement local à la charge axiale de ± 6550 kN.

<u>Présentation des résultats</u>

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux NF-1 et NF-1cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-23 Photographie du poteau NF-1cyc (de gauche à droite : faces *nord* et *ouest*)

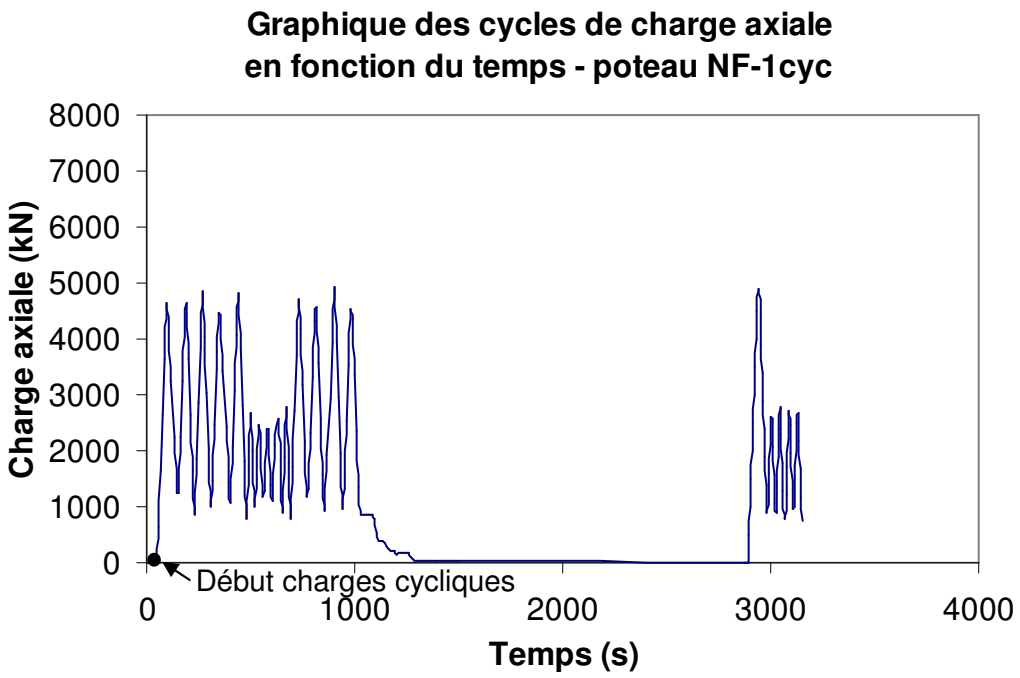

Figure J-24 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau NF-1cyc

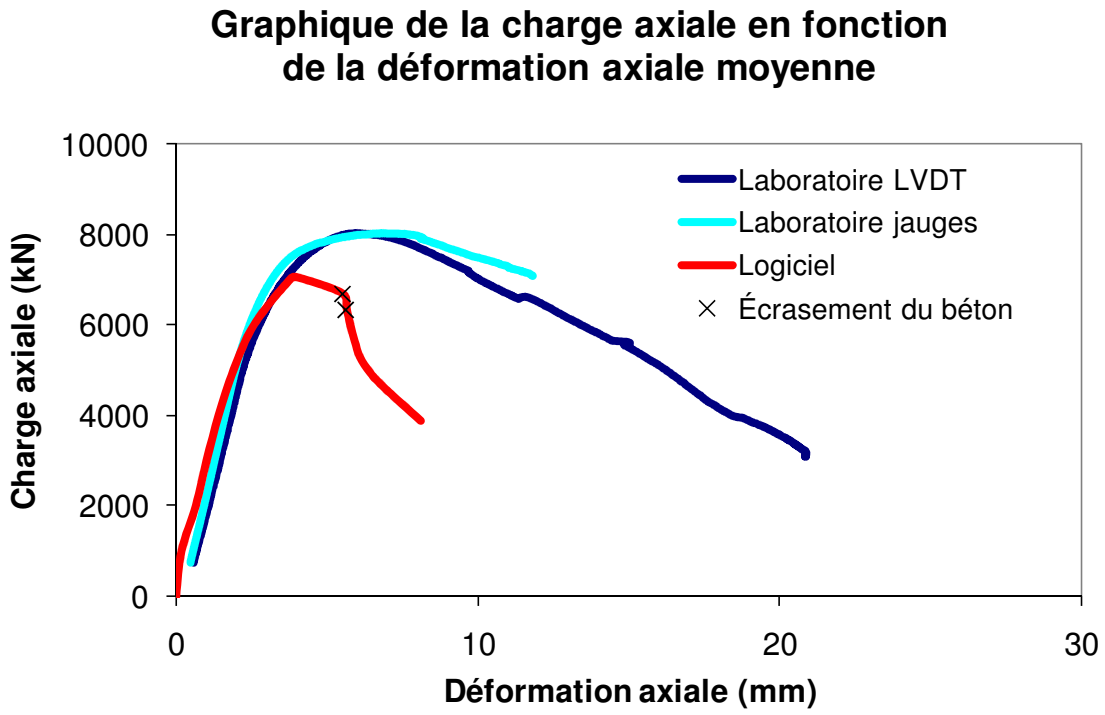

Figure J-25 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-1cyc

La Figure J-25 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-8, montrée à la Figure J-26, conduit aussi à ce

constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 6688 kN et avant d'atteindre 6336 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

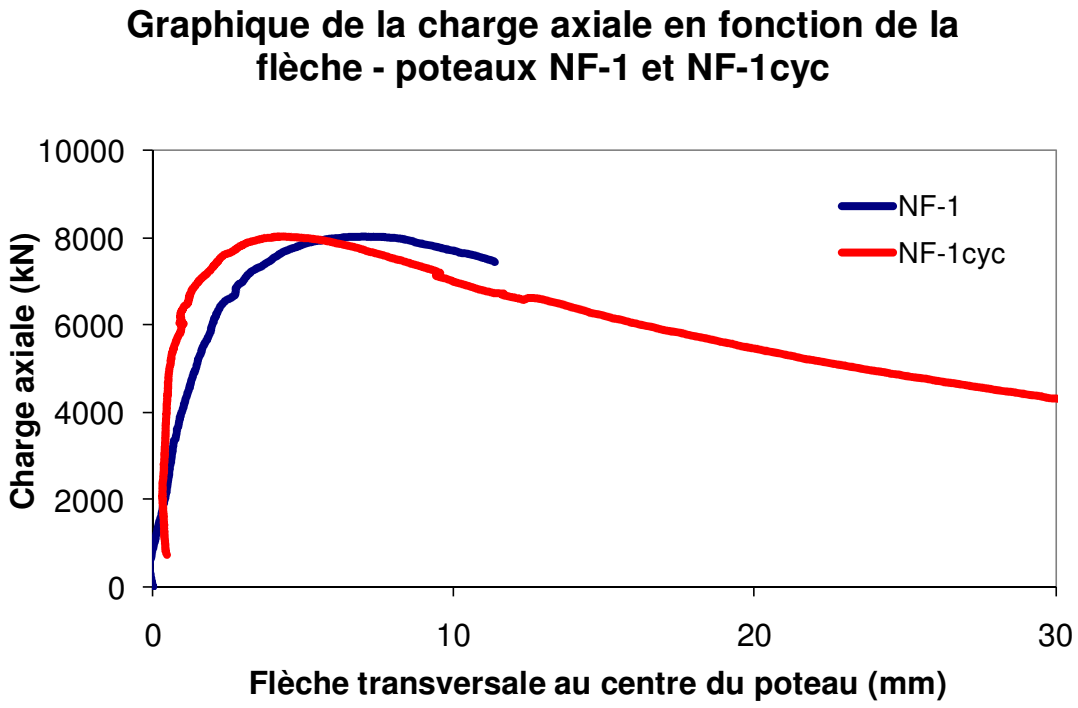

Figure J-26 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux NF-1 et NF-1cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est très similaire. La rigidité initiale du poteau composite semble plus élevée lorsque le poteau composite a été soumis à un chargement cyclique initial.

J.2.3 Poteau composite NF-2cyc

Description du spécimen

Le poteau composite NF-2cyc est un poteau testé le 9 janvier 2007 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 77 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$. La différence par rapport au poteau NF-2, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton normal renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 30 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 37.5 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.51P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées. Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 3000 kN et 600 kN (i.e. entre $0.46P_r$ et $0.09P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 1700 kN et 600 kN (i.e. entre $0.26P_r$ et $0.09P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 3100 kN et 600 kN (i.e. entre $0.47P_r$ et $0.09P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 1800 kN et 500 kN (i.e. entre $0.27P_r$ et $0.08P_r$).

La Figure J-28 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 2 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 3355 kN (avec une flèche transversale mesurée de 8.5 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement très brusque du béton à la face *ouest* au 1er espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

  Un gros morceau de béton renforcé de fibres d'acier s'est détaché du poteau. La photographie de ce morceau, montrée à la Figure J-27, indique un problème potentiel causé soit par un ajout non graduel des fibres d'acier au mélange de béton ou soit plus vraisemblablement par un problème de manipulation du béton lors de sa mise en place dans le poteau (exemple : vibration excessive).

  Ce problème a initié la rupture du poteau pendant les essais cycliques car la charge axiale maximale durant les cycles de chargement a pratiquement atteint la charge maximale obtenue lors du chargement statique jusqu'à la rupture (3184 kN par rapport à 3355 kN respectivement). Pour éviter une rupture rapide et potentiellement dangereuse du spécimen durant le chargement cyclique, le taux de chargement a été ralenti vers la fin du test. C'est ce qui explique la différence entre les cycles du début et les derniers cycles de chargement cyclique sur le graphique des cycles de charge axiale.

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu voilement local à la face *ouest* (coins *S-O* et *N-O*) également au 1er espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- À noter que durant la partie post-pic du chargement, les jauges résistives à mi-hauteur du poteau ont enregistré du voilement local à la charge axiale de ± 2150 kN.

Présentation des résultats

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux NF-2 et NF-2cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-27 Photographie du poteau NF-2cyc : a) Vue d'ensemble du poteau dans la partie post-pic (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*) b) Morceau de béton de fibres qui s'est désolidarisé durant le test

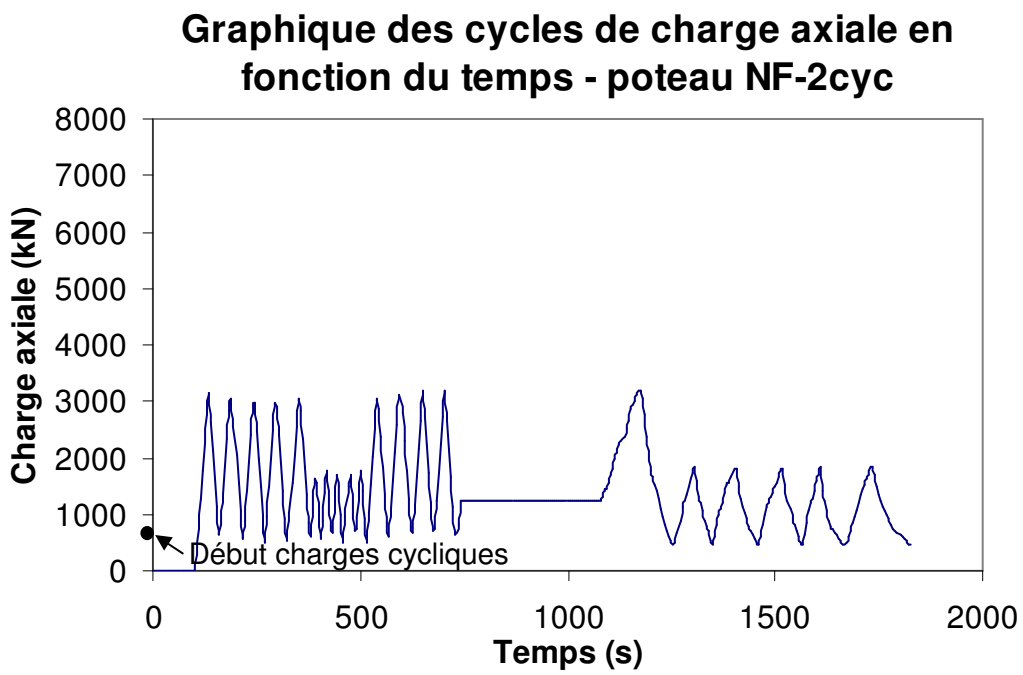

Figure J-28 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau NF-2cyc

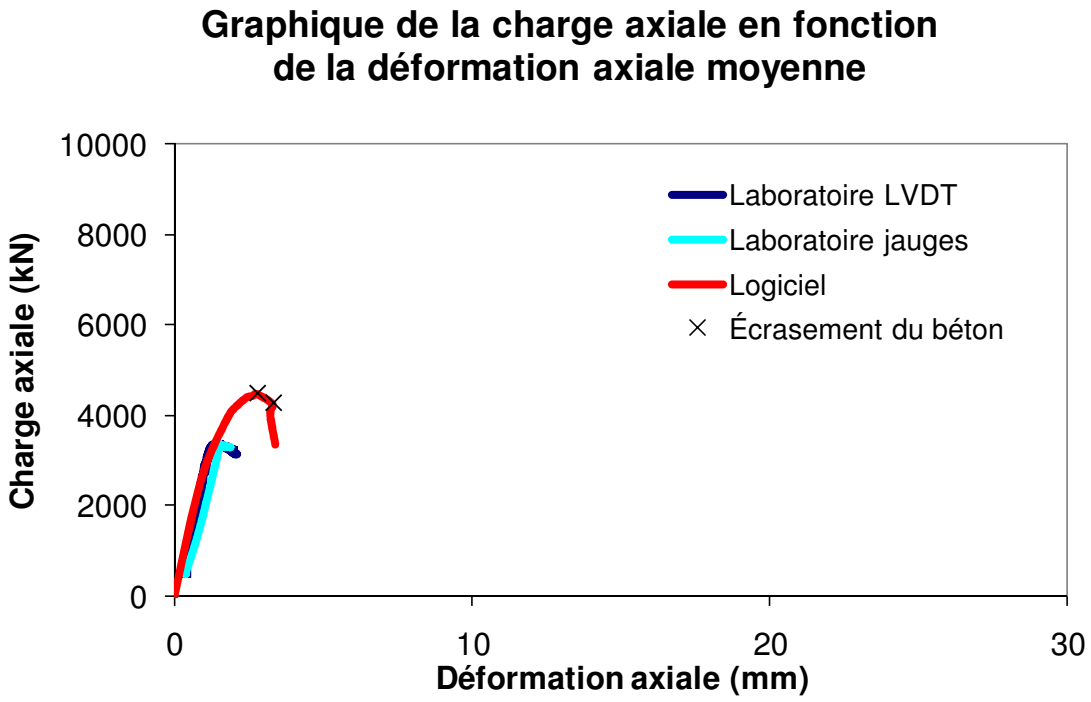

Figure J-29 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-2cyc

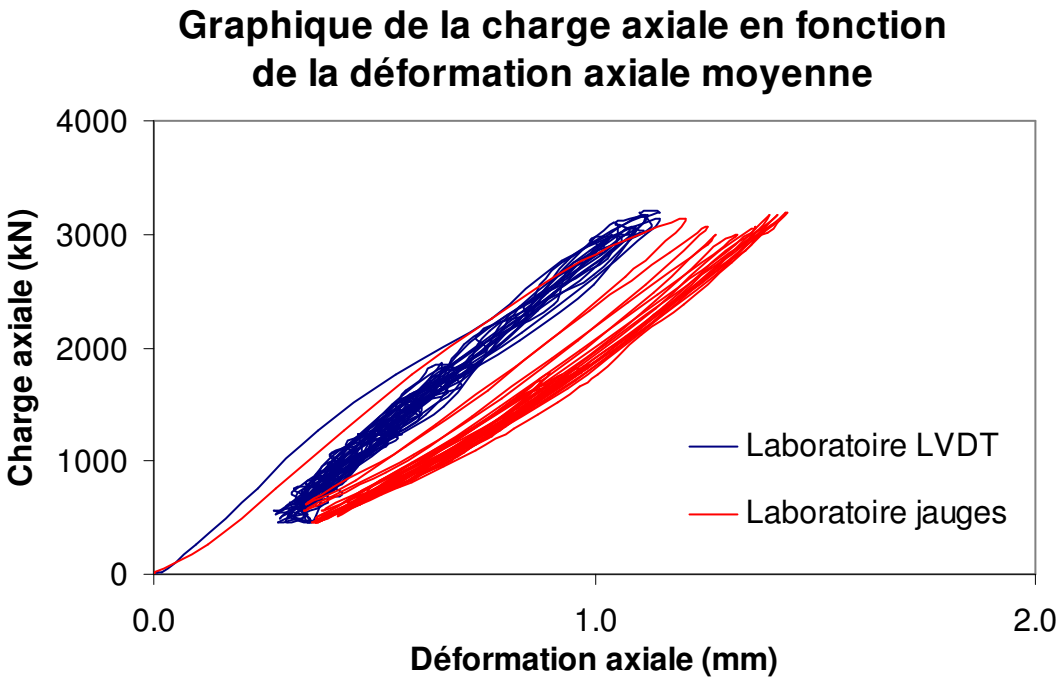

Figure J-30 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau NF-2cyc sous le chargement cyclique

La Figure J-29 montre que les résultats obtenus expérimentalement ne reflètent pas ceux qui ont été obtenus à l'aide du logiciel. La juxtaposition avec la Figure J-10, montrée à la Figure J-31, conduit aussi à ce constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue par anlyse a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 4480 kN et avant d'atteindre 4256 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

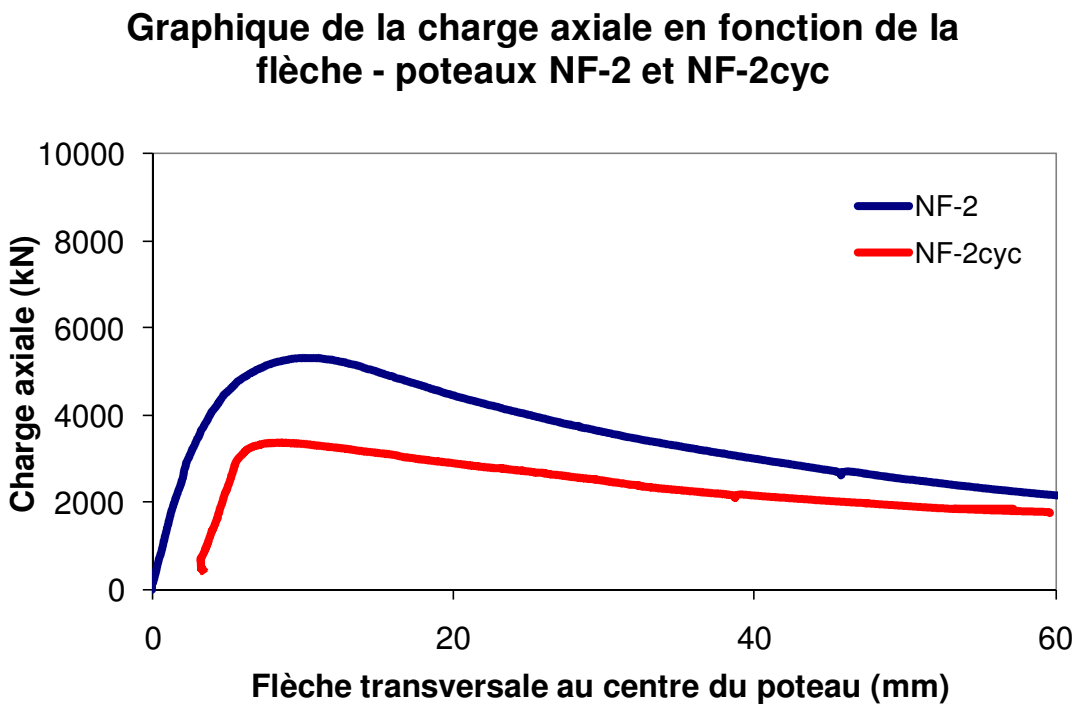

Figure J-31 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux NF-2 et NF-2cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique peut difficilement être comparé dans ce cas-ci étant donné le bris de béton survenu au cours du chargement cyclique. La résistance du poteau s'en est trouvée grandement diminuée par rapport au poteau.

J.2.4 Poteau composite H-1cyc

Description du spécimen

Le poteau composite H-1cyc est un poteau testé le 15 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe fort avec une excentricité de 17 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$. La différence par rapport au poteau H-1, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 50.3 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.88P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite préférablement utilisé pour les niveaux inférieurs des bâtiments multi-étagés où les charges axiales sont très élevées et l'espace disponible est plus critique. Les poteaux pouvant être soumis à des sollicitations en compression-flexion menant à une résistance axiale de l'ordre de $0.85P_r$ sont les poteaux de contreventements soumis aux efforts du vent ou de séismes ou encore les poteaux de murs de refend soumis à des efforts sismiques.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 4 cycles oscillant entre 7700 kN et 1300 kN (i.e. entre $1.04P_r$ et $0.17P_r$);
- 4 cycles oscillant entre 4400 kN et 1300 kN (i.e. entre $0.59P_r$ et $0.17P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 7700 kN et 1300 kN (i.e. entre $1.04P_r$ et $0.17P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4400 kN et 1300 kN (i.e. entre $0.59P_r$ et $0.17P_r$).

La Figure J-33 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 4 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 9870 kN (avec une flèche transversale mesurée de 2.6 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *nord*, au 4e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu écrasement du béton et voilement local sur le coin *S-E* au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Il y a eu également voilement local sur le coin *N-E* au 1er espace de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux H-1 et H-1cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-32 Photographie du poteau H-1cyc (face *nord*)

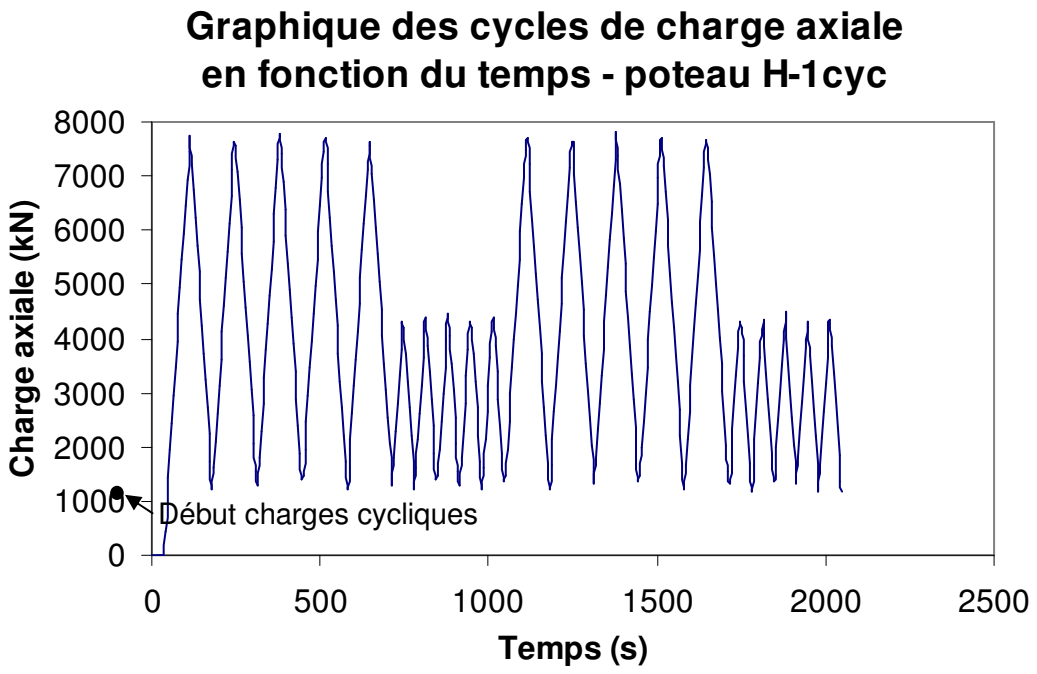

Figure J-33 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau H-1cyc

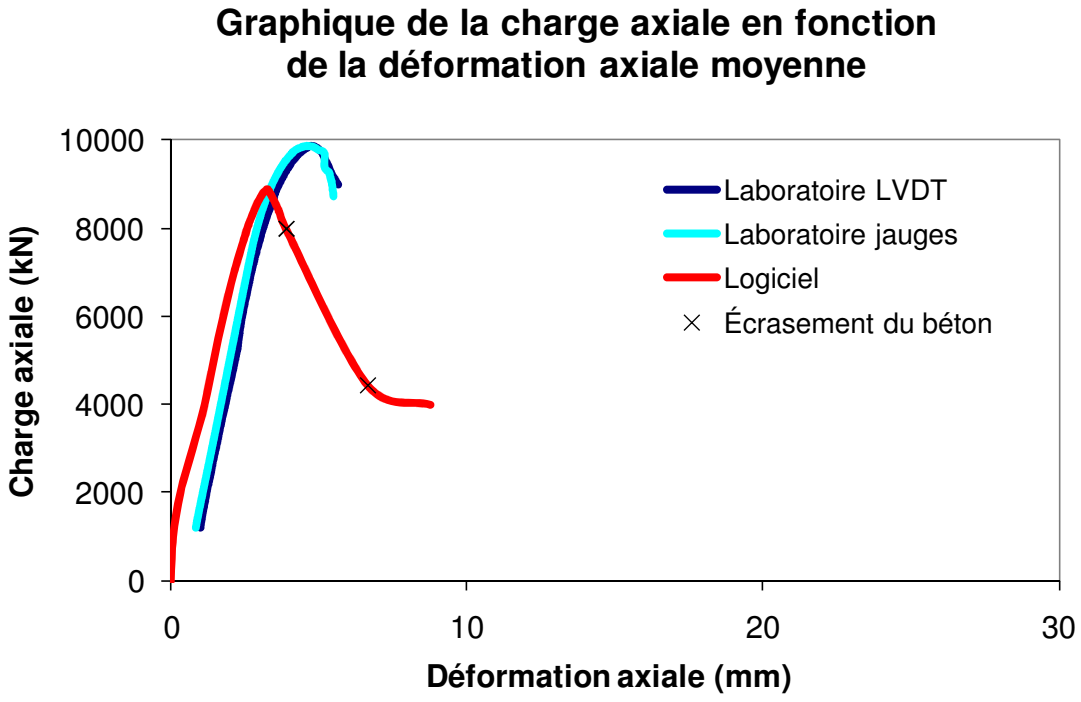

Figure J-34 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau H-1cyc

La Figure J-34 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-12, montrée à la Figure J-35, conduit aussi à ce

constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 7992 kN et avant d'atteindre 4440 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

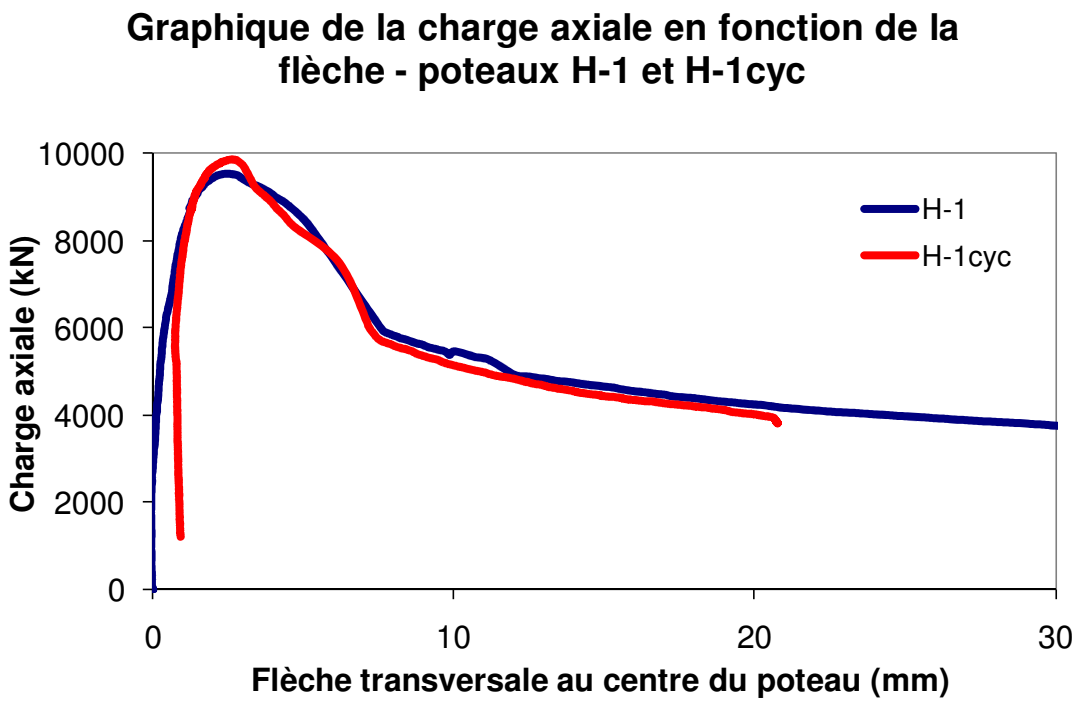

Figure J-35 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux H-1 et H-1cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est très similaire.

J.2.5 Poteau composite HF-1cyc

Description du spécimen

Le poteau composite HF-1cyc est un poteau testé le 5 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe fort avec une excentricité de 24 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.85P_r$. La différence par rapport au poteau HF-1, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton haute performance renforcé de fibres d'acier dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.3 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre quand même $0.84P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*). Ceci est probablement causé par les valeurs expérimentales des déformations du béton à l'ultime et des autres paramètres relatifs aux modèles de béton et d'acier utilisés qui modifient le comportement de la section du poteau composite.

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite préférablement utilisé pour les niveaux inférieurs des bâtiments multi-étagés où les charges axiales sont très élevées et l'espace disponible est plus critique. Les poteaux pouvant être soumis à des sollicitations en compression-flexion menant à une résistance axiale de l'ordre de $0.85P_r$ sont les poteaux de contreventements soumis aux efforts du vent ou de séismes ou encore les poteaux de murs de refend soumis à des efforts sismiques.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 7600 kN et 1400 kN (i.e. entre $1.00P_r$ et $0.18P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4300 kN et 1400 kN (i.e. entre $0.57P_r$ et $0.18P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 7600 kN et 1400 kN (i.e. entre $1.00P_r$ et $0.18P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4300 kN et 1400 kN (i.e. entre $0.57P_r$ et $0.18P_r$).

La Figure J-37 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 4 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 9674 kN (avec une flèche transversale mesurée de 4.3 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu voilement local sur le coin *S-O*, au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu le voilement local sur le coin *N-O*, au 1er espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Il y a eu aussi écrasement du béton aux deux endroits décrits aux points précédents et des voilements locaux se sont produits en alternance à divers endroits sur la hauteur du poteau;

- À noter que durant la partie post-pic du chargement, les jauges résistives à mi-hauteur du poteau ont enregistré du voilement local à la charge axiale de ± 8400 kN.

Présentation des résultats

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux HF-1 et HF-1cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

Figure J-36 Photographie du poteau HF-1cyc (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

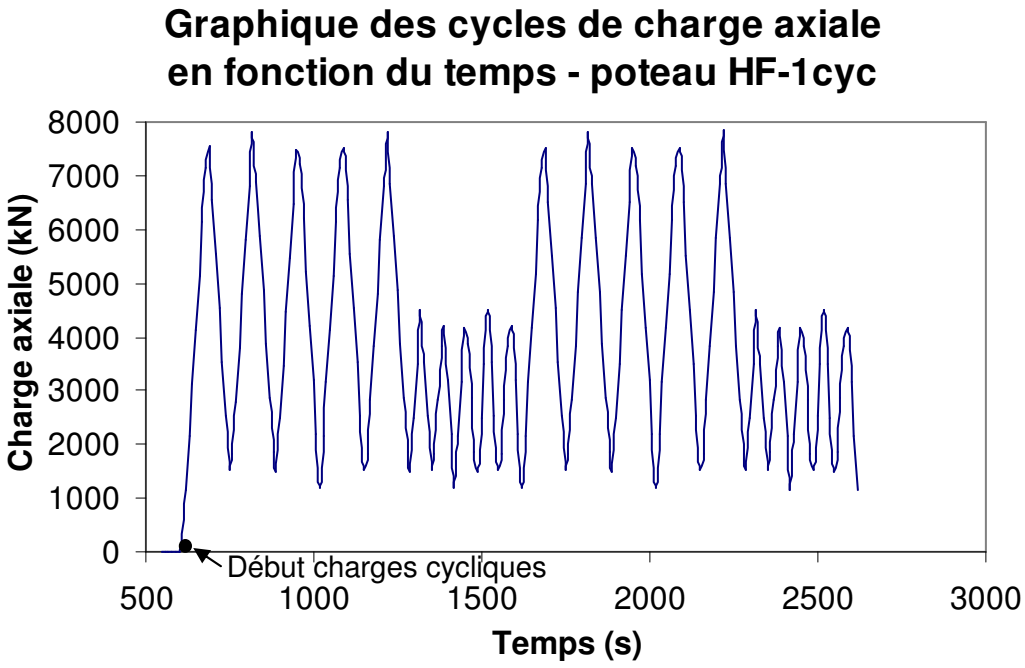

Figure J-37 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau HF-1cyc

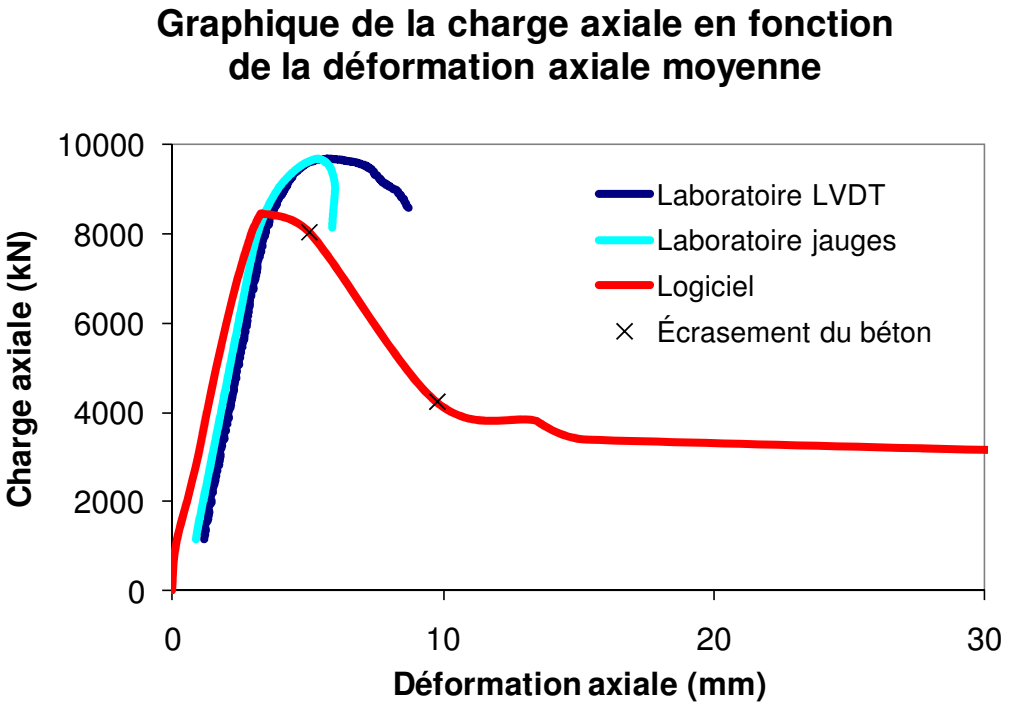

Figure J-38 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau HF-1cyc

La Figure J-38 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-14, montrée à la Figure J-39, conduit aussi à ce

constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 8018 kN et avant d'atteindre 4220 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

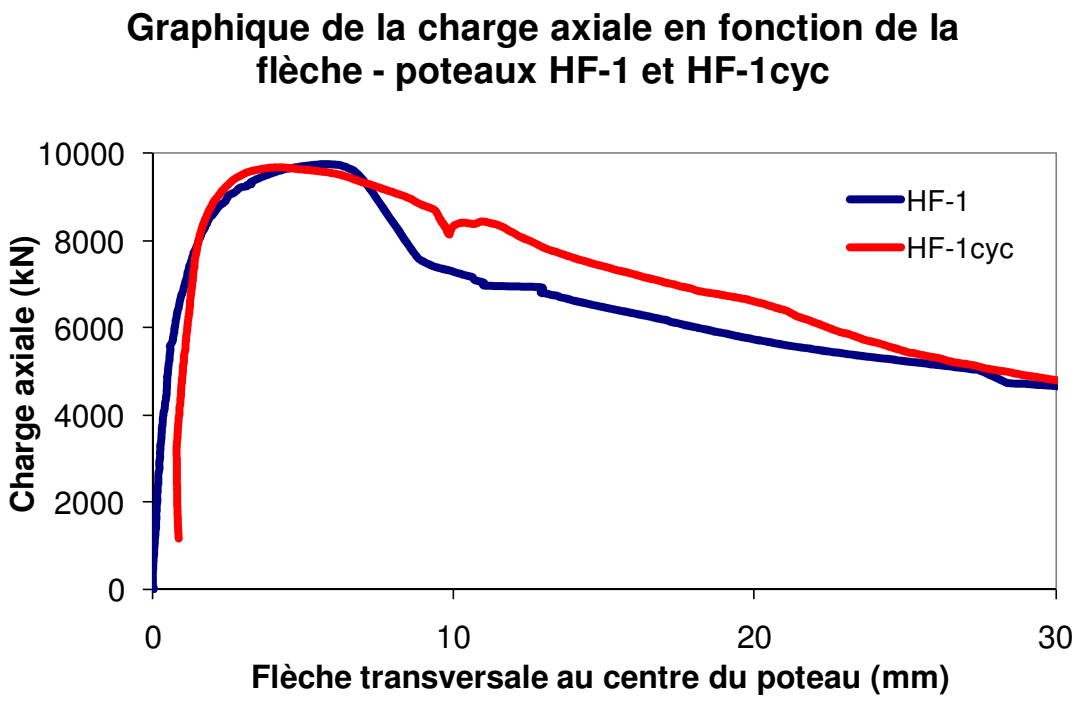

Figure J-39 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux HF-1 et HF-1cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est très similaire.

J.2.6 Poteau composite H-2cyc

Description du spécimen

Le poteau composite H-2cyc est un poteau testé le 13 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 65 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$. La différence par rapport au poteau H-2, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.8 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.54P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*). Ceci est probablement causé par les valeurs expérimentales des déformations du béton à l'ultime et des autres paramètres relatifs aux modèles de béton et d'acier utilisés qui modifient le comportement de la section du poteau composite.

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées. Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible et le comportement des poteaux faits de béton haute performance pourra alors être comparé directement avec les poteaux faits de béton normal et testés également pour obtenir $0.55P_r$.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 4200 kN et 800 kN (i.e. entre $0.57P_r$ et $0.11P_r$);

- 5 cycles oscillant entre 2400 kN et 800 kN (i.e. entre $0.32P_r$ et $0.11P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4200 kN et 800 kN (i.e. entre $0.57P_r$ et $0.11P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2400 kN et 800 kN (i.e. entre $0.32P_r$ et $0.11P_r$).

La Figure J-41 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 3 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 5751 kN (avec une flèche transversale mesurée de 4.2 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *ouest*, au 2e espace de 240 mm à partir du haut du poteau et voilement local sur les coins *S-O* et *N-O*, au 3e espace de 240 mm à partir du haut poteau;

- À noter que durant la partie post-pic du chargement, les jauges résistives à mi-hauteur du poteau ont enregistré du voilement local à la charge axiale de ± 3550 kN.

<u>Présentation des résultats</u>

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux H-2 et H-2cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

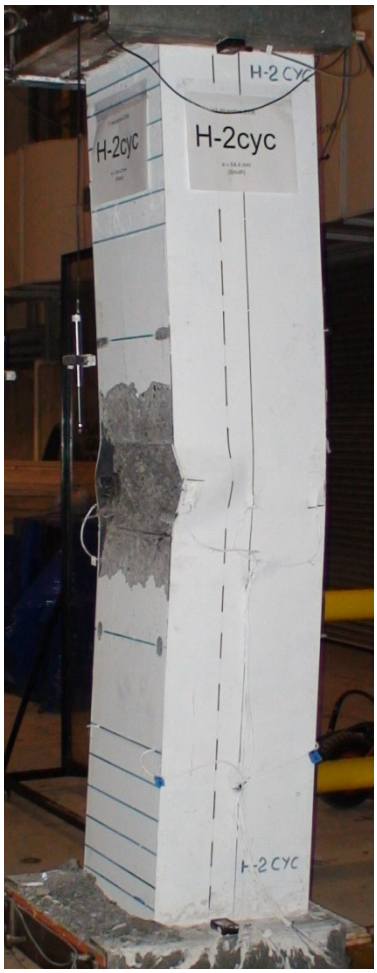

Figure J-40 Photographie du poteau H-2cyc (de gauche à droite : faces *ouest* et *sud*)

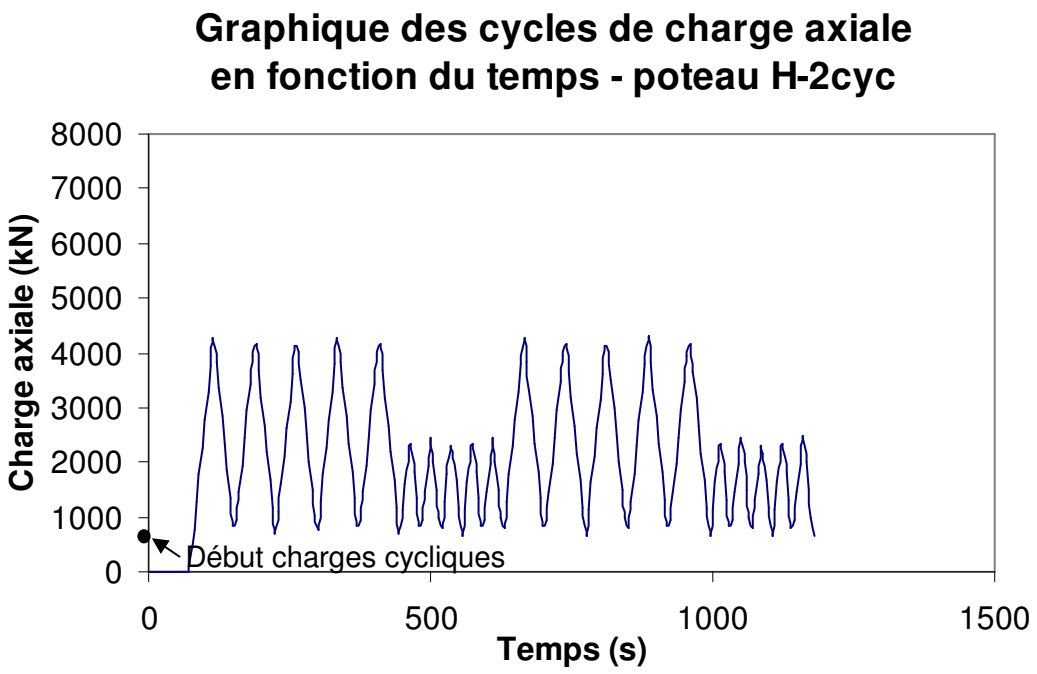

Figure J-41 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau H-2cyc

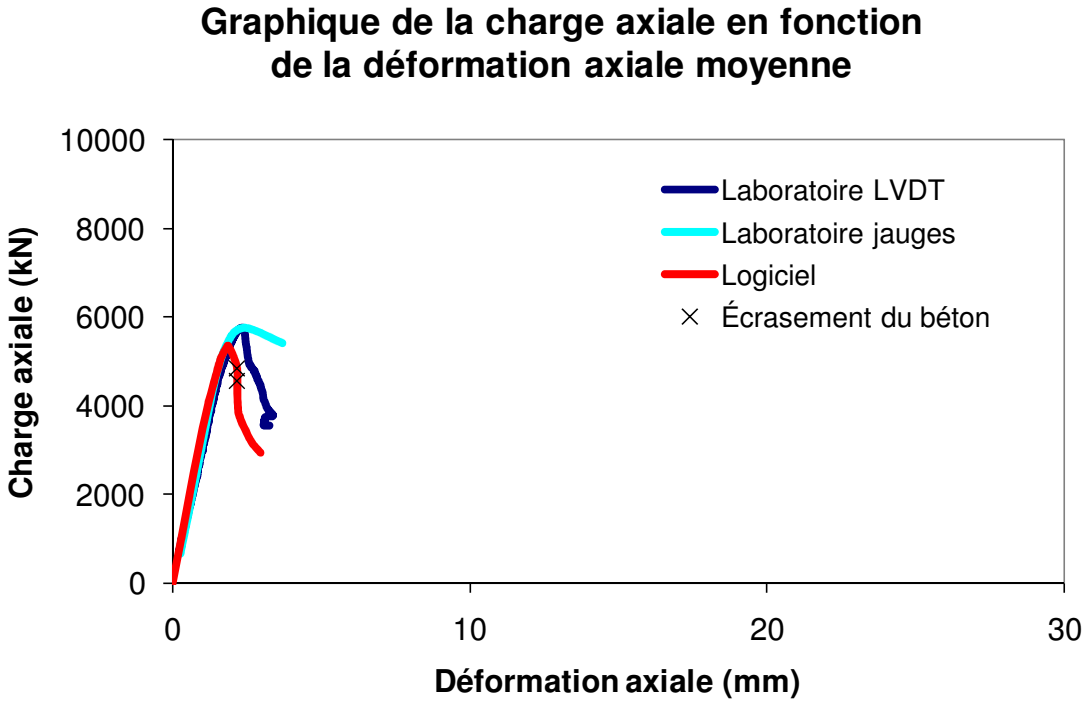

Figure J-42 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau H-2cyc

La Figure J-42 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-16, montrée à la Figure J-43, conduit aussi à ce

constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 4824 kN et avant d'atteindre 4556 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

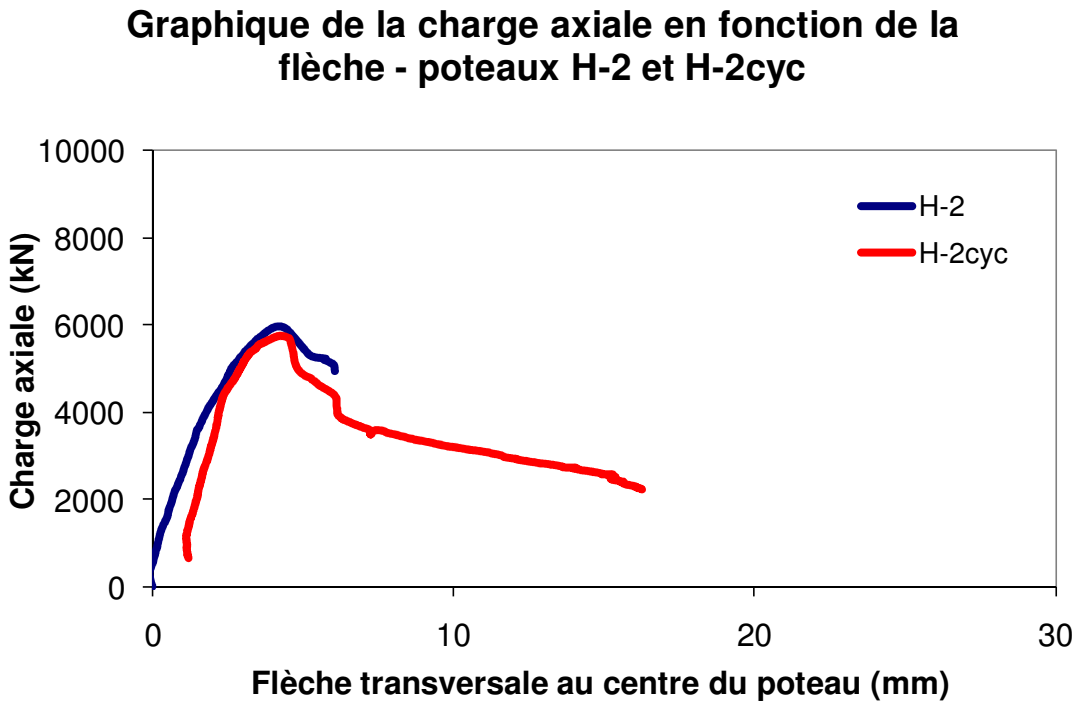

Figure J-43 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux H-2 et H-2cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est très similaire. La rigidité initiale du poteau composite semble plus élevée lorsque le poteau composite a été soumis à un chargement cyclique initial.

J.2.7 Poteau composite HF-2cyc

Description du spécimen

Le poteau composite HF-2cyc est un poteau testé le 8 décembre 2006 en compression-flexion suivant l'axe faible avec une excentricité de 79 mm lui permettant d'atteindre une charge axiale maximale de l'ordre de $0.55P_r$. La différence par rapport au poteau HF-2, c'est que ce poteau-ci est soumis à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau.

Ce poteau était fait de béton haute performance dont la résistance nominale était de 60 MPa mais comme la résistance moyenne des cylindres de béton lors du test s'est avérée être de 49.7 MPa, l'excentricité utilisée devait permettre d'atteindre environ $0.49P_r$ selon un graphique de la charge axiale en fonction du moment sur la section du poteau (courbe d'interaction *P-M*).

Ce test a servi à caractériser la résistance d'un poteau composite soumis à de grands efforts de flexion causés par le débalancement des charges axiales appliquées. Ce type de chargement est typique des poteaux situés sur la périphérie d'un bâtiment où les poutres ne sollicitent pas les poteaux de façon symétrique. Même si ces types de poteaux sont sollicités généralement suivant leur axe fort, le chargement suivant l'axe faible a été privilégié ici car le comportement des poteaux est plus sensible aux excentricités lorsqu'ils sont sollicités suivant leur axe faible et le comportement des poteaux faits de béton haute performance pourra alors être comparé directement avec les poteaux faits de béton normal et testés également pour obtenir $0.55P_r$.

Déroulement de l'essai

Avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture, le spécimen a été soumis à des cycles de charges axiales qui suivent :

- 5 cycles oscillant entre 4100 kN et 900 kN (i.e. entre $0.54P_r$ et $0.12P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2200 kN et 900 kN (i.e. entre $0.29P_r$ et $0.12P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 4100 kN et 900 kN (i.e. entre $0.54P_r$ et $0.12P_r$);
- 5 cycles oscillant entre 2200 kN et 900 kN (i.e. entre $0.29P_r$ et $0.12P_r$).

La Figure J-45 illustre ces cycles de charge axiale en fonction du temps.

Le taux de chargement dans la partie cyclique était de 100 kN/s alors que dans la partie monotonique, ce taux était d'environ 3 kN/s, soit 0.15 mm/min tel que décrit au Chapitre 5.

La rupture du poteau composite s'est produite à 5485 kN (avec une flèche transversale mesurée de 6.5 mm) selon la séquence des évènements qui suivent :

- Tout d'abord, il y a eu écrasement du béton à la face *nord*, au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau;

- Ensuite, durant la partie post-pic du chargement, il y a eu le voilement local sur les coins *N-O* et *N-E*, au 3e espace de 240 mm à partir du haut du poteau.

Présentation des résultats

Le graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale des poteaux HF-2 et HF-2cyc est présenté ici. Une discussion générale de l'ensemble des essais permettra ensuite de comparer les résultats expérimentaux entre eux.

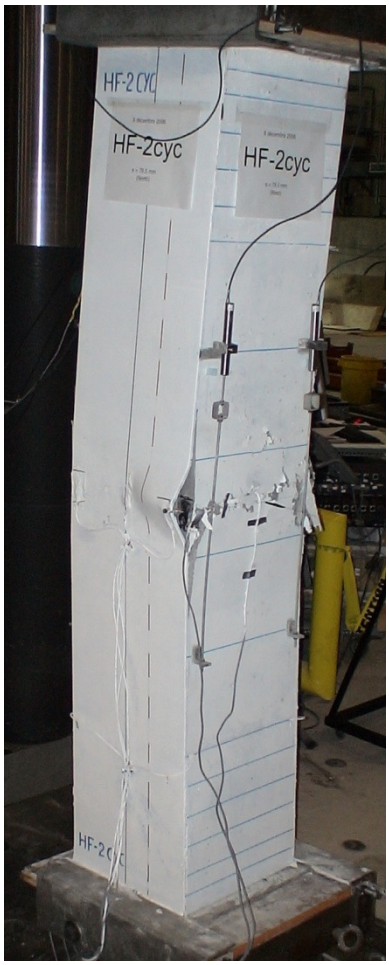

Figure J-44 Photographie du poteau HF-2cyc (de gauche à droite : faces *nord* et *ouest*)

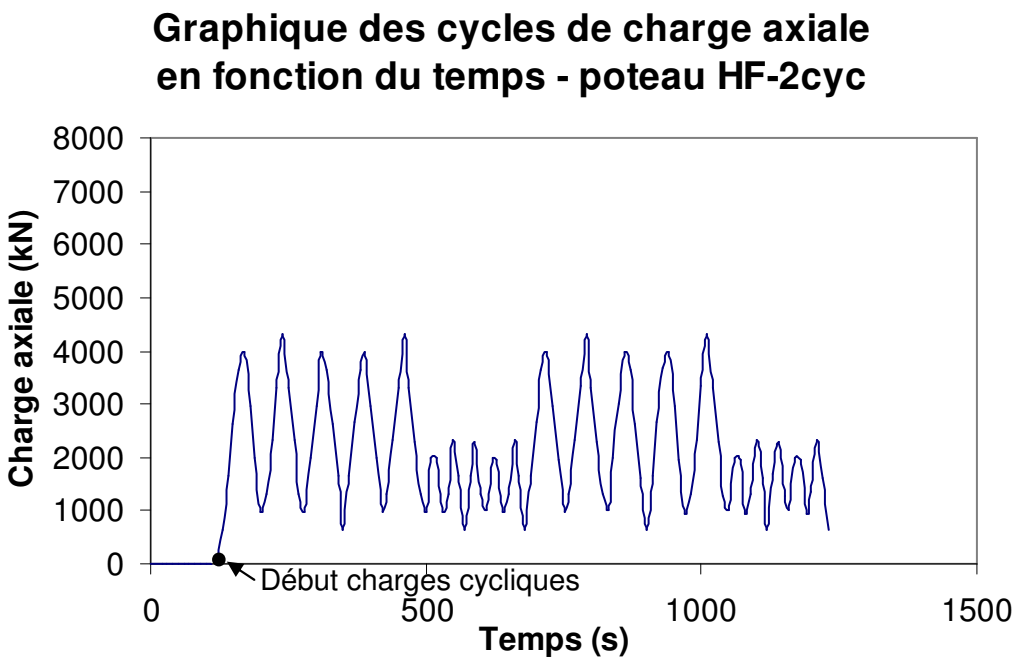

Figure J-45 Graphique des cycles de charge axiale en fonction du temps du poteau HF-2cyc

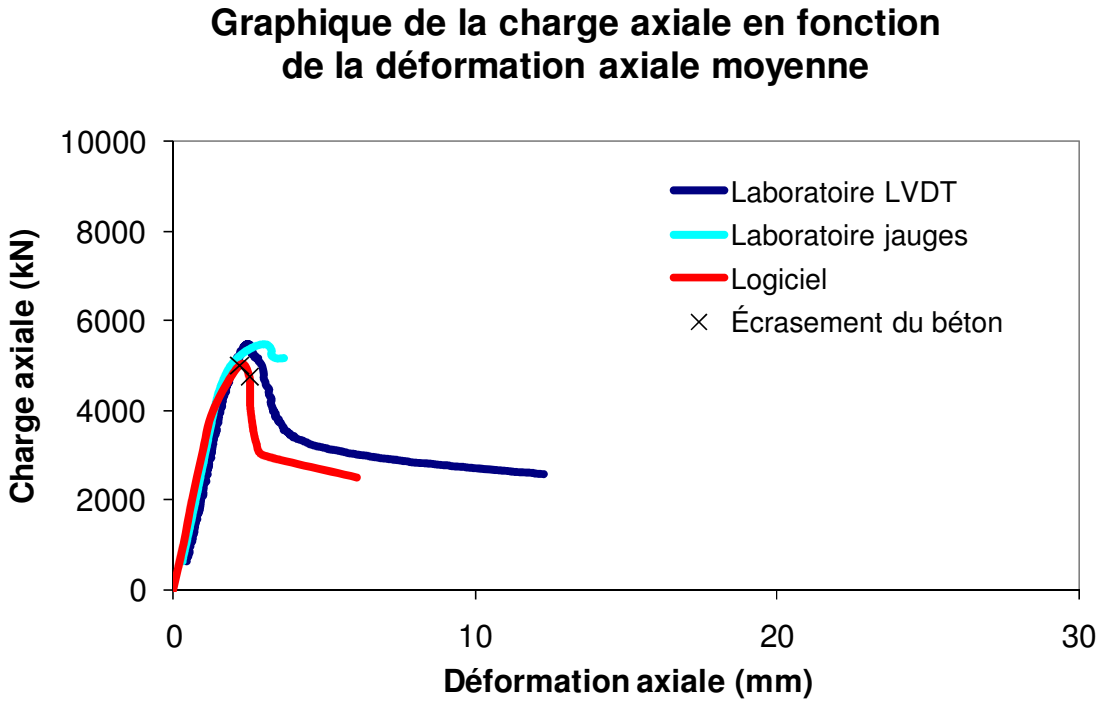

Figure J-46 Graphique de la charge axiale en fonction du déplacement vertical du poteau HF-2cyc

La Figure J-46 montre que les résultats obtenus expérimentalement et à l'aide du logiciel sont très similaires. La juxtaposition avec la Figure J-18, montrée à la Figure J-47, conduit aussi à ce

constat. Tel que décrit à l'Annexe J, pour ce poteau composite, la valeur de la charge axiale maximale obtenue a été limitée par l'effet du voilement local. L'écrasement du béton a débuté dans la partie post-pic lorsque la charge axiale est passée sous 5000 kN et avant d'atteindre 4750 kN. Ces deux charges sont indiquées à l'aide d'un *X* sur le graphique. Le début de l'écrasement du béton s'est produit entre ces deux emplacements.

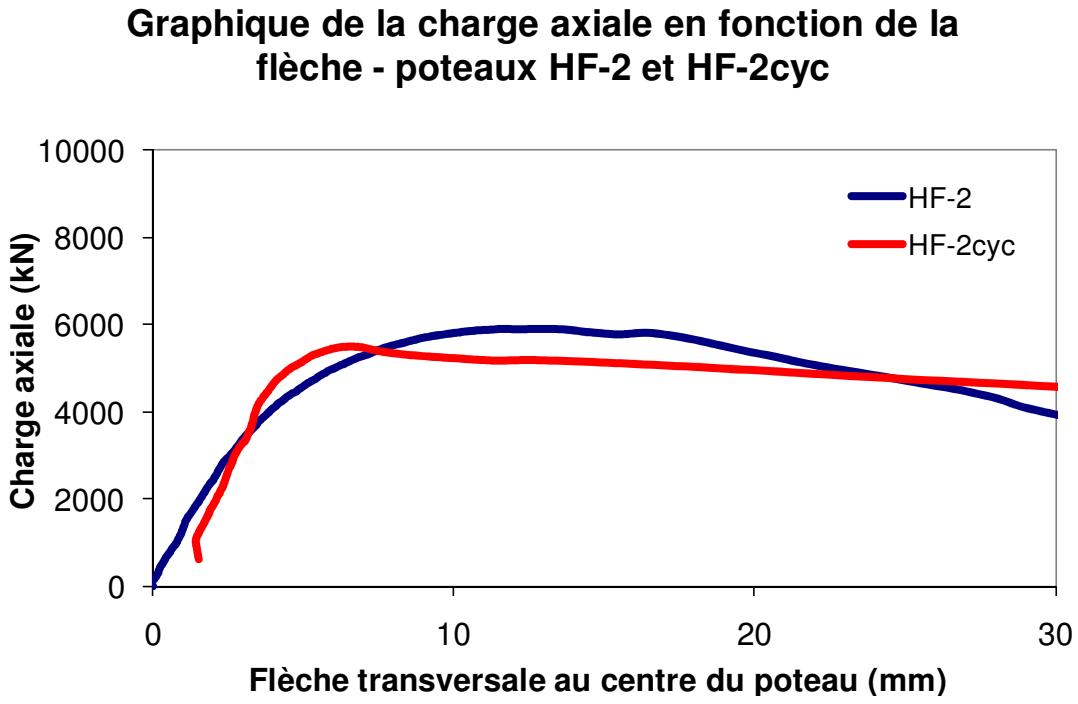

Figure J-47 Graphique de la charge axiale en fonction de la flèche transversale expérimentale des poteaux HF-2 et HF-2cyc

Le comportement des poteaux composites soumis ou non à un chargement cyclique avant de procéder au chargement statique jusqu'à la rupture du poteau est un peu similaire. Les différences de comportement peuvent s'expliquer par le fait que la forme du voilement local a été différente dans les deux cas et l'écrasement local du poteau HF-2cyc a probablement fait en sorte que le poteau composite a adopté une forme rappelant celle d'un poteau d'acier seul (voir Section 4.5.1).