

### Evaluation et proposition d'optimisation ex-post de constructions post-catastrophes en acier formé à froid au Vietnam

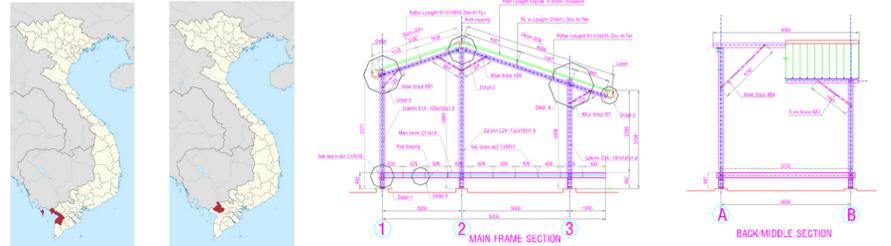
Auteur : Laura Lyon

Encadrement : Prof. Dr. Alain Nussbaumer <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des structures métalliques résilientes (RESSLAB), EPFL

#### Contexte

Suite au typhon Linda en 1997 et aux inondations dans le delta du Mékong au début des années 2000, qui ont ravagé des villages entiers habités par une population pauvre, la Croix-Rouge suisse a participé à la reconstruction de plus d'un millier de maisons de sinistrés dans les provinces d'An Giang et de Kien Giang. La solution adoptée est une structure sur pilotis en éléments préfabriqués en acier léger composé d'un cadre métallique galvanisé sur des fondations en micropieux vissés.



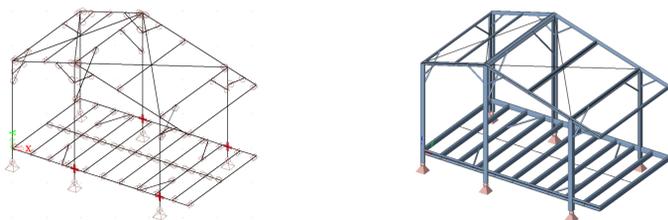
#### Observation des structures

Les dégâts observés sur les maisons sont principalement d'ordre chimique. Les parties inférieures des maisons présentent des traces sévères de corrosion, particulièrement à Kien Giang, province située en zone côtière. Certains éléments ont été retirés de la structure par les bénéficiaires, notamment des boulons, parfois même des poutres du plancher ou des barres de contreventement.



#### Résistance de la structure

Les poutres du plancher non corrodées de section C15015 ont une résistance suffisante et ne sont pas sujettes aux instabilités. Les tiges de contreventement qui relient le centre de ces poutres entre-elles ont une importance primordiale pour leur stabilité. Les poutres en toiture de section Z10015 ont une résistance insuffisante pour un vent de vitesse supérieure à 105 km/h.

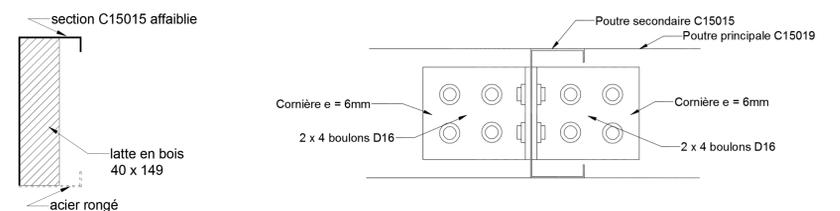


#### Analyse des données

- **Eléments de structure:**
  - Structure globale stable
  - Excellent système de toiture
  - Fondations en micropieux vissés adéquates
  - Poutres du planchers affaiblies par la corrosion
  - Colonnes robustes
  - Excellente stabilité grâce aux barres stabilisatrices
  - Durée de vie prévue: 15-25 ans atteignables
- **Protection contre la corrosion:**
  - Galvanisation à chaud
  - Peinture
  - Métallisation

#### Renforcements envisageables

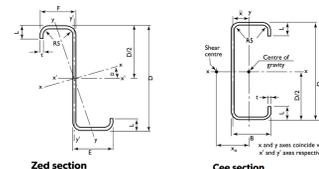
Les poutres du plancher dont la semelle inférieure est rongée par la corrosion peuvent être renforcées par des lattes en bois de dimension 40 x 149 mm clouées à l'intérieur du profilé. Les connexions entre les poutres secondaires et les poutres principales, initialement une simple cornière, peuvent être renforcées en double cornières avec 2 x 4 boulons.



#### Optimisation de la structure

Des propositions d'amélioration de la structure, en gardant des profilés proposés par l'entreprise Lysaght ont été étudiées. Les éléments les plus critiques de la structure sont les poutres en Z10015. Ces éléments vont donc être remplacés par une section en Z plus résistante.

- En augmentant l'épaisseur des 4 pannes en Z de la toiture, de 1.5 à 1.9 mm (Z10019), la structure parvient à résister à un vent de 125 km/h avant que la résistance de deux poutres ne soit plus suffisante. Ce changement de section entrainerait un coût supplémentaire de la structure porteuse de 0.6% pour une augmentation de vent auxquelles la structure peut résister de 20%.



Catalogue number	t mm	D mm	Mass per unit length kg/m	Zeds			Cees	
				E mm	F mm	L mm	B mm	L mm
ZC10010	1.0	102	1.78	53	49	12.5	51	12.5
ZC10012	1.2	102	2.10	53	49	12.5	51	12.5
ZC10015	1.5	102	2.62	53	49	13.5	51	13.5
ZC10019	1.9	102	3.29	53	49	14.5	51	14.5
ZC15012	1.2	152	2.89	65	61	15.5	64	14.5
ZC15015	1.5	152	3.59	65	61	16.5	64	15.5
ZC15019	1.9	152	4.51	65	61	17.5	64	16.5
ZC15024	2.4	152	5.70	66	60	19.5	64	18.5

- L'augmentation des dimensions des 4 pannes en Z, en les remplaçant par des sections Z15015, et le remplacement de la panne de droite C10015 par une section C15015, entrainerait un coût supplémentaire de la structure porteuse de 1.8% pour une augmentation de vent à laquelle la structure peut résister de 50%.

#### Conclusion

Les maisons de la Croix-Rouge suisse offrent un abri sûr qui ne risque pas de s'effondrer, malgré la dégradation de certains éléments due à la corrosion. Le risque le plus important semble être la rupture du plancher posé sur une structure rouillée, affaiblie. La protection contre la corrosion constitue un point clé pour ces structures se trouvant dans un milieu particulièrement agressif. La galvanisation à chaud est indispensable, renforcée par de la peinture anticorrosion et /ou une métallisation au zinc. Une bonne communication avec les bénéficiaires est essentielle pour garantir la durabilité des reconstructions. Un renforcement des poutres du plancher dont la semelle inférieure est rongée par la rouille doit être envisagé. Des lattes en bois clouées à l'âme des poutres apporteront un gain de rigidité et de résistance à la section affaiblie. Les structures, considérées dans leur état initial, peuvent résister à des vents de 100 km/h avant que les éléments de la toiture ne deviennent défaillants. Des sections légèrement plus robustes pour ces éléments critiques permettraient à la structure, sans une trop grande augmentation du coût, de résister à des vents jusqu'à 160 km/h. Pour un projet de reconstruction futur avec des conditions similaires à celles du Delta du Mékong, cette modification doit être considérée notamment à cause des effets du changement climatique qui provoque des vents de plus en plus violents dans certaines régions du monde.