

# Analyse critique de l'article de Robert M. Korol

*Collapse Time Analysis of Multi-Story Structural Steel Buildings*  
*Open Journal of Civil Engineering*

**par Jérôme Quirant**

Agrégé de génie civil, option structures et ouvrages  
Docteur en mécanique des matériaux et des milieux  
complexes, des structures et des systèmes

**Maître de Conférences**  
**Laboratoire de Mécanique et Génie Civil**  
**Unité Mixte de Recherche CNRS 5508**  
**Université Montpellier II**

[www.bastison.net](http://www.bastison.net)

le 14/07/2011

## Préambule

Depuis le début du lancement de [www.bastison.net](http://www.bastison.net), j'explique (le plus souvent en pure perte pour les *truthers*) que c'est bien l'ensemble de la communauté scientifique du génie civil qui ne prête aucun cas aux délires mécanico-politico-mystiques des thèses alternatives en circulation sur le net.

Cela vient d'être confirmé sans aucune ambiguïté par l'ensemble des collègues que j'ai pu réunir pour le numéro spécial de SPS : ***Dix ans après les attentats du 11 septembre : la rumeur face à la science.***

Voici la liste de ces intervenants, uniquement pour la partie mécanique et génie civil :

**Denys Breysse**, Président de l'AUGC (Association Universitaire de Génie Civil) est Professeur à l'Université de Bordeaux 1. Il dirige le Département GCE (Génie Civil Environnemental) de l'Institut de Mécanique et Ingénierie (I2M, UMR CNRS 5295). Il est spécialisé dans l'étude du risque en Génie Civil, fondateur du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) MRGenCi, consacré à la Maîtrise des Risques en Génie Civil. Il est l'auteur d'ouvrages de référence sur le sujet : <http://www.decitre.fr/livres/Maitrise-des-risques-en-genie-civil.aspx/9782746224421>

**Pierre Carlotti** est titulaire d'un doctorat de l'Université de Cambridge (Angleterre), ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur en Chef des Ponts, Eaux et Forêts. Il est actuellement Directeur du département Sécurité, Structure et Feu du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), un établissement public chargé de contribuer à la qualité et la sécurité des constructions au travers d'activités de recherche, expertise et évaluation.

**Matthys Levy** est un ingénieur et un scientifique, auteur du livre avec Mario Salvadori « Pourquoi ça tombe ? », de nombreux articles sur le calcul de structures et honoré de plusieurs titres prestigieux : ASCE Innovation in Civil Engineering Award, IASS Tsuboi Award... Il est directeur émérite chez Weidlinger Associates, un bureau d'étude de renommée internationale dont une branche d'activité est tournée vers la sécurité et l'investigation des ruines d'ouvrages. A ce titre, il a dirigé une étude modélisant l'effondrement des tours jumelles.

**Joël Kruppa**, Directeur de la Recherche et de la Valorisation du CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique) et **Bin Zhao**, Chef du service Recherche Incendie du CTICM, travaillent depuis plusieurs dizaines d'années sur le comportement des structures métalliques en situation d'incendie. **J. Kruppa** est également le président du comité ISO (TC92/SC4) en charge de l'élaboration des normes internationales en matière d'ingénierie de la sécurité incendie et **B. Zhao** le secrétaire du groupe horizontal "feu" du CEN TC 250, en charge de l'élaboration des normes européennes sur le comportement des bâtiments en situation d'incendie.

**Jean-Pierre Muzeau** est Professeur d'Université, Président de l'association pour la promotion de l'enseignement de la construction en acier (APK). Il a été pendant de nombreuses années responsable du département génie civil de l'école d'ingénieur Polytech Clermont-Ferrand (anciennement CUST) et a notamment coécrit un ouvrage sur la démolition contrôlée des bâtiments : Guide pratique de la démolition des bâtiments – Editions Eyrolles. En tant que spécialiste de construction métallique, il a bien sûr étudié le comportement au feu des structures en acier. Il a travaillé, chaque année depuis 2002, avec ses étudiants sur le cas d'école des tours jumelles. Ces travaux ont été récompensés deux fois, et publiés dans les cahiers de l'APK. <http://www.priceminister.com/offer/buy/4951888/Philip-Guide-Pratique-De-La-Demolition-Des-Batiment-Livre.html>

**Michel Brilich** a travaillé, depuis sa construction jusqu'en 2007 (retraite) sur le site de Fos, dans l'usine sidérurgique qui fait aujourd'hui partie du groupe ArcelorMittal. Dès le début des années 80, il était chargé des analyses des ruptures qui interviennent sur les outils de production, avec une double approche métallurgique et mécanique. Il était assistant des services juridiques du groupe lors d'accidents ou catastrophes. L'acier n'a plus aucun secret pour lui et c'est à ce titre qu'il enseigne en école d'ingénieur pour partager son expérience. Il répond aux affabulations délirantes sur les débris métalliques.

Quand les plus grands scientifiques français du domaine, qui travaillent dans les organismes français faisant référence au niveau national et international, affirment que leurs thèses alternatives ne tiennent pas, cela aurait dû au moins amener les membres de *reopen* à se poser des questions.

Mais non. Leur croyance est immense. Ceux qui vont contre leurs thèses, même les plus grands spécialistes français du domaine, sont au mieux des neuneus de haute volée, au pire des collabos méritant l'échafaud... Le forum de *reopen* est le reflet peu ragoûtant, pour ne pas dire nauséeux, de cette pensée sectaire.

Leur dernière lubie est de s'accrocher à un article publié par Robert M. Korol dans le « Open Journal of Civil Engineering » de Bentham et qui 'démontrerait' toutes les assertions antérieures... Open Journal... de Bentham.

Pour ceux qui ont suivi l'épisode tragi-comique ([http://www.bastison.net/RESSOURCES/Critique\\_Article\\_Harrit.pdf](http://www.bastison.net/RESSOURCES/Critique_Article_Harrit.pdf)) de la publication de l'article de Harrit (voir son démontage menu-menu dans le dossier SPS par deux experts du domaine, uniquement sur le fond, ou plutôt l'absence totale de fond scientifique), rien que cela suffit bien sûr à douter du sérieux de la publication. Pourtant Korol est un brillant ingénieur, certes *truthers* invétéré, mais qui depuis 1967 (!) a publié un grand nombre d'articles dans des revues destinées aux ingénieurs. Les *truthers* l'ont donc sorti de sa retraite (il n'avait plus rien publié en génie civil depuis 1998) pour essayer d'apporter un semblant de tenue à leurs théories absurdes.

Déjà, Korol avait aidé l'ingénieur Szamboti en 2009 sur un article dont j'avais souligné l'ineptie assez exceptionnelle ([http://www.bastison.net/FAQ/McQueen\\_Szamboti\\_Review.pdf](http://www.bastison.net/FAQ/McQueen_Szamboti_Review.pdf)), tant sur le plan de la détermination des vitesses (niveau 3<sup>ème</sup>) que sur le plan purement mécanique (niveau 1<sup>ère</sup> année de DUT). Et déjà, cet ingénieur émérite n'avait rien trouvé à redire à ce papier pathétique dans lequel il était chaudement remercié pour sa contribution.

**Voyons ce qu'il a écrit de son propre chef...**

## Partie 1 - Les objectifs (avoués ou non) de ces études

Depuis le début de l'émergence des théories alternatives à propos de l'effondrement des tours jumelles, c'est la vitesse d'effondrement qui est à la base de toutes les démonstrations.

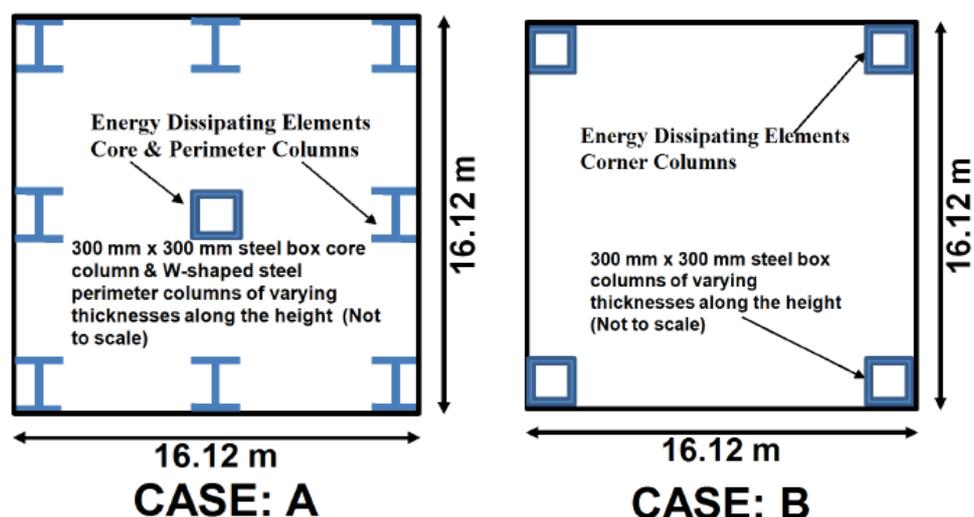
Szamboti avait déjà tenté de prouver que la courbe de vitesse observée ne laissait pas apparaître de ralentissement censé se produire lors des chocs successifs du bloc supérieur en mouvement sur les planchers intacts en dessous.

La dissipation d'énergie dans la rupture des éléments aurait dû, d'après lui, grandement réduire cette vitesse d'effondrement, voire stopper carrément le bloc supérieur.

C'est ce que Korol et d'autres auteurs ont essayé de prouver au travers de cet article, en tentant au passage de faire passer les scientifiques s'étant penchés sur la question, comme Bazant par exemple, pour d'aimables plaisantins.

Ils s'appuient pour cela sur un autre article qu'ils ont écrit, mais qui est paru dans une revue tout aussi douteuse que les 'Open Journal' de Bentham sur le processus de relecture des articles. Nous y reviendrons.

Leur démonstration se base sur un immeuble de 10 étages soutenu par différents poteaux pouvant être de deux formes distinctes : en H ou en caisson :



En prenant ces deux cas d'étude, et en faisant varier le nombre d'étage chutant, ils arrivent à 'démontrer' que l'effondrement de leur immeuble de 10 étages doit s'arrêter. Le sous-entendu étant bien entendu que cela devrait être la même chose pour les tours du World Trade Center.

Rappelons que pour les tours jumelles, ce n'étaient pas 1, 2, 3 ou 10 étages qui étaient initialement en mouvement, mais 14 pour WTC1 et 28 pour WTC2. Les auteurs sont donc loin du compte. Sûrement n'ont-ils jamais observé des démolitions par véringage qui utilisent l'effet dynamique de 6 à 8 étages maximum (et parfois moins !) pour détruire tout le bâtiment.

Pourtant, ils arrivent à 'démontrer' que, pour certains cas, l'effondrement aurait dû être moins rapide que pour les tours jumelles, voire carrément s'arrêter.

Comment cela est-il possible ? C'est l'énergie potentielle des étages en mouvement, qui, se transformant en énergie cinétique joue le rôle moteur dans l'effondrement. Pour contrecarrer cette énergie cinétique c'est l'énergie de déformation des matériaux qui doit être mobilisée.

Mais l'énergie de déformation qui permet aux auteurs de stopper leur effondrement, c'est l'énergie de déformation des poteaux, et surtout des caissons. C'est donc la base de leur démonstration. La seule et unique.

## Partie 2 - L'évaluation de l'énergie dissipée : canular ou mensonge éhonté ?

Il est vrai que tous les poteaux extérieurs des WTC avaient la forme de caissons, de même que les poteaux du cœur de la tour, jusqu'à un certain niveau où ils étaient remplacés par des H.

Pour évaluer l'énergie dissipée dans ces éléments, les auteurs utilisent cette formule, multipliant la force moyenne de ruine par la hauteur de la poutre...

$$ED_i = [9.56 \sigma_y t_i^{5/3} c_i^{1/3}] h_i \quad (4)$$

D'où sort cette formule ? Voici sa justification par les auteurs :

tubular dimensions and effective lengths warrant it. Research done by Wierzbicki and Abramowicz [8] and later by Abramowicz and Jones [17] on both quasi-static and dynamic crushing of tubular members, is deemed to have relevance in estimating the energy dissipation of such columns during a storey collapse event. From their analytical and experimental study, a formula was developed by Wierzbicki and Abramowicz [8] for the average crushing resistance,  $P_m$ , during which progressive stages of plate element folding, compressing, and sequential propagation occurred, until the member became totally squashed. The average crushing resistance,  $P_m$  is given as:  $P_m = 9.56 \sigma_y t^{5/3} c^{1/3}$ , where  $t$  and  $c$  represent thickness, and outer plate width dimensions, respectively, for squares, with  $\sigma_y$  being the yield stress. Although our very recent study on steel box columns exhibited somewhat higher crush strength values than is given by  $P_m$  cited earlier [12], we opted to utilize the above expression due to the limited number of tests undertaken. Furthermore, a collapsing building frame may be subject to high levels of strain rate, thereby having the effect of raising the value of  $P_m$ . Notwithstanding such knowledge, the formula cited [8] was employed to represent the average crushing resistance for reasons both of simplicity and conservatism. Accordingly, the energy dissipation in each such tubular column in a storey  $i$  can be established as

[8] T. Wierzbicki, and W. Abramowicz, "On the crushing mechanics of thin-walled structures", *J. Appl. Mech.*, vol. 50, no. 4A, pp. 727-734, 1983.

$$ED_i = [9.56 \sigma_y t_i^{5/3} c_i^{1/3}] h_i \quad (4)$$

Wierzbicki évalue en effet une force moyenne de ruine dans son article pour des caissons. Les auteurs, en multipliant pas la hauteur, obtiennent donc bien une énergie.

Mais ce qu'il faut bien sûr déterminer, c'est dans quels cas le modèle proposé par Wierzbicki est applicable. Or, depuis le premier article publié en 1983 et cité par Korol, Wierzbicki a produit bien d'autres articles dans lesquels il a développé et amélioré son modèle. Par exemple, celui-ci : *Relative merits of single-cell, multi-cell and foam-filled thin-walled structures in energy absorption*, **Thin-Walled Structures**, Weigang Chen, Tomasz Wierzbicki, 2000

Il y expose à la fois le modèle théorique (évaluation de la force critique de ruine, de la longueur de l'onde générée...) et les résultats des simulations numériques.

Mais, car il y a un gros MAIS, il faut noter que ces formules sont surtout utilisées pour des éléments en aluminium à fort élancement pour favoriser ce type de ruine. Le but est justement de créer des structures permettant une forte dissipation d'énergie, pour jouer, par exemple, le rôle d'amortisseurs.

Il n'y a qu'à observer les modèles présentés dans cet article pour comprendre le champ d'application de ces théories (page suivante).

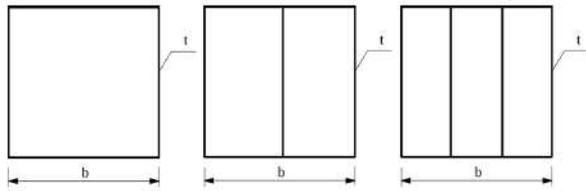


Fig. 1. Single-cell, double-cell and triple-cell cross-sections.

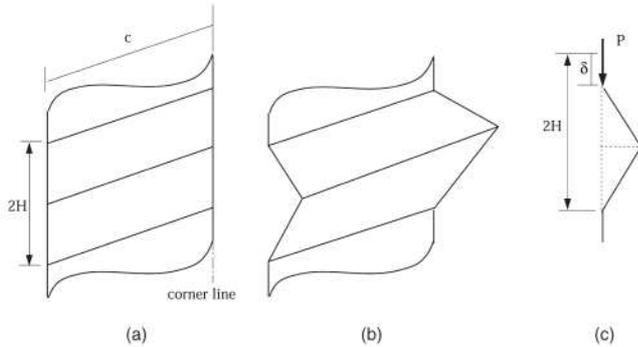


Fig. 2. The global geometry of the basic folding mechanism. (a) Before deformation. (b) After deformation. (c) Side view.

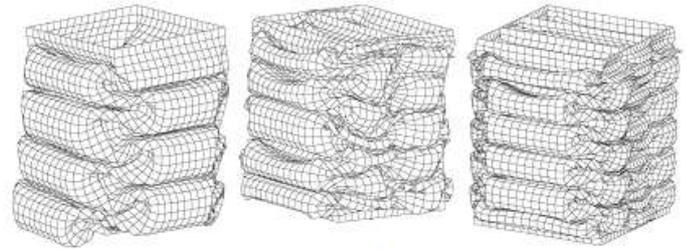


Fig. 8. Deformation patterns of single-cell, double-cell and triple-cell columns.

### 2.1. Theoretical solutions

Wierzbicki and Abramowicz [1] developed an analytical solution for the axial progressive crushing of a thin-walled square column using their *Super Folding Element* method. The mean crushing force  $P_m$  can be calculated by

$$P_m = 13.06 \sigma_0 b^{3/5} t^{2/5} \quad (1)$$

where  $\sigma_0$  denotes the flow stress of the material;  $t$  is the wall thickness;  $b$  is the sectional width.

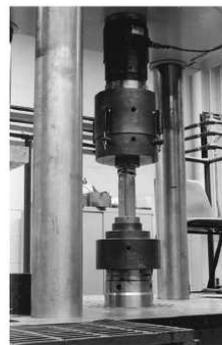
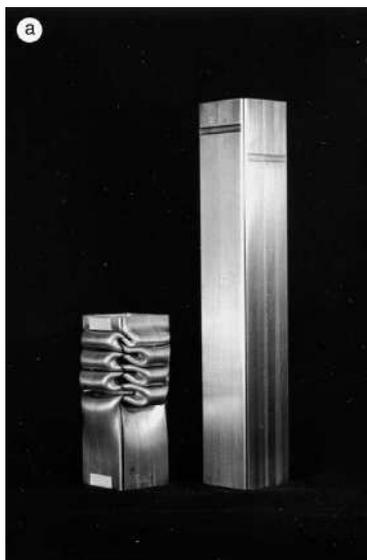
The half wavelength  $H$  for the folding deformation can be calculated by

$$H = 1.276 b^{2/3} t^{1/3} \quad (2)$$

### References

- [1] Wierzbicki T, Abramowicz W. On the crushing mechanics of thin-walled structures. *Journal of Applied Mechanics* 1983;50:727–39.

Des essais donnant ce mode de ruine ont certes été réalisés sur des éléments en acier, mais avec des épaisseurs **extrêmement faibles**, ne dépassant pas 1,5 mm (1,5 **millimètre**). Par exemple dans cet article : *Quasi-static axial crush response of a thin-wall, stainless steel box component*, B.P. DiPaolo, P.J.M. Monteiro, R. Gronsky, *International Journal of Solids and Structures* 41 (2004) 3707–3733



QUASI-STATIC TESTING  
 MTS universal testing machine  
 - 1350 kN capacity  
 - cross-head speed = 2.5 mm/min  
 - displacement control  
 Temperature - 20°C

(a)

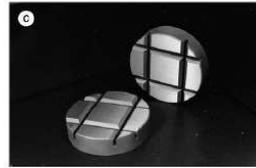
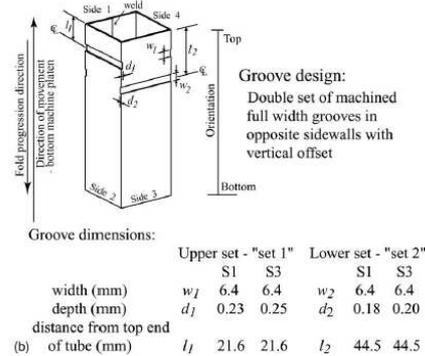


Fig. 6. Experimental test set-up and controls: (a) test machine set-up; (b) collapse initiator geometry and (c) grooved end cap set for tube end constraints.

Pour éviter un flambement d'ensemble, les auteurs ont dû parfaitement bloquer les extrémités (photo en bas à droite) et même réaliser des rainures sur leurs éléments (photo de gauche et schéma) pour les affaiblir (!) et leur imposer ce mode de ruine !

C'est donc là-dessus que se sont appuyés les auteurs en faisant l'hypothèse qu'ils pourraient l'appliquer à des caissons utilisés pour constituer des éléments structuraux. Pour cela, ils ont réalisé des expériences sur des éléments présentant 5 à 6 millimètres d'épaisseur et ils ont publié tout cela dans l'*International Review of Civil Engineering (IRECE)*. Voir les images des 11 cas test en Annexe 1.

Le texte de résumé de l'article expose les objectifs sans aucune ambiguïté : il s'agit d'éviter l'effondrement de structures suite à des incendies et des attaques terroristes !

En fait ces expériences sont totalement inappropriées par rapport aux tours jumelles pour plusieurs raisons :

- 1) L'élanement des pièces (<http://www.bastison.net/NOTIONS/notions1.html>) est bien moindre que celles du WTC.
- 2) Les dimensions et épaisseurs sont très largement inférieures à celles du WTC (jusqu'à plus de 10 fois !!), ce qui ne permet aucunement d'extrapoler en raison du facteur d'échelle.
- 3) Les auteurs ont rempli leurs éléments d'une matière indéterminée (laquelle ?), ce qui fausse bien sûr totalement l'expérience.
- 4) Les conditions de bord (liaisons, application de la charge) sont d'une part très différentes des conditions réelles des tours du WTC, mais surtout complètement maîtrisables dans le cadre de leur essai pour arriver au résultat voulu. Impossible d'obtenir cela sur une structure réelle.

Par ailleurs, pour le calcul de l'énergie, les auteurs prennent pour beaucoup de leurs simulations toute la hauteur de poutre pour la formation de ces plis en accordéon (et donc l'application de la charge). C'est stupide : même en se pliant complètement en accordéon, la poutre en acier n'aura jamais l'épaisseur d'une crêpe ! Et même en prenant ensuite seulement 50 % de la hauteur, cela sous-tend alors que c'est quasiment toute la poutre qui a subi cette déformation.

Obtenir de tels plis sur des éléments de 3m75 de haut minimum et de plusieurs centimètres (**centimètres**) d'épaisseur pour les membrures relève bien sûr d'un pur miracle mécanique.

Il n'y a qu'à observer la forme des poteaux retrouvés dans les décombres du WTC (ou tout autre cas de ruine d'ouvrage) pour s'en convaincre. L'Annexe 2 permet de visualiser quelques uns de ces éléments, mais des centaines de photos ont été publiées par la FEMA. Combien de ruine en accordéon selon le modèle Korol ? Bien sûr aucune ! Même sur la moitié de leur hauteur.

Si on peut trouver dans les décombres quelque chose ressemblant de près, ou même de très loin, aux expériences menées par Korol, il me faudra d'urgence retourner chez mon ophtalmologiste !

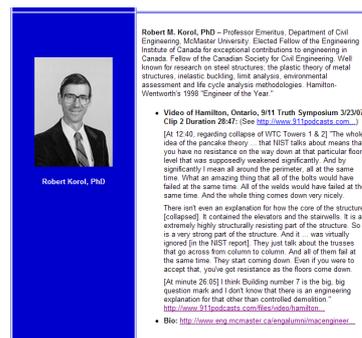
Or, ce choix n'est pas anodin puisque entre une ruine par simple rotule sur un H, ou en accordéon d'un caisson, l'énergie dissipée (cf. chiffrage dans l'article des auteurs) est multipliée par 10, 20 ou 30 ! Forcément, cela va faciliter l'arrêt de l'effondrement dans leur pseudo-démonstration.

A ce niveau de méprise, il faut se demander si ce choix de modèle relève de l'incompétence crasse, du mensonge éhonté ou du canular...

Venant d'une personne, Korol en l'occurrence, ayant quelques publications à son actif (même si c'était dans des revues plus tournées vers l'ingénierie que la communauté scientifique) c'est assez surprenant.

Une explication peut venir du fait qu'il n'avait plus publié dans une revue de génie civil depuis 1998. Douze ans c'est long... Et cela fait plusieurs années qu'il a rejoint le 'mouvement pour la vérité'.

<http://www.wanttoknow.info/070618professorsquestion911#Korol>



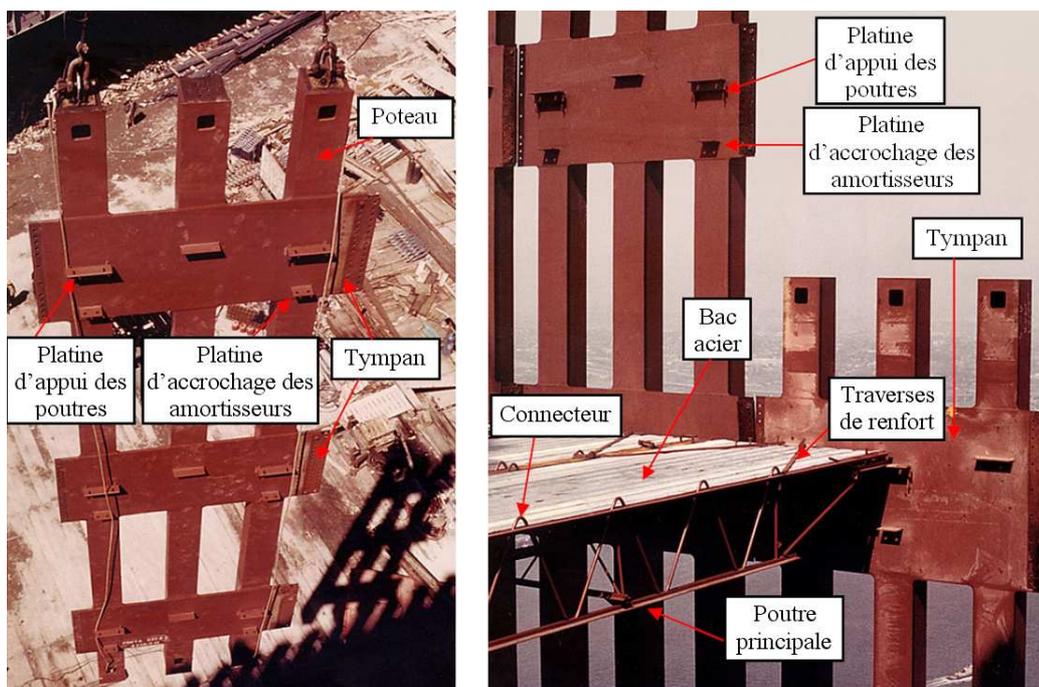
Quant aux *truthers* qui croient sans aucun début de commencement d'esprit critique à ces sornettes, cela montre qu'ils n'ont surtout aucune idée du calcul de structures ou du comportement des matériaux. Les plus gravement endoctrinés vont jusqu'à affirmer que si ces plis en accordéon n'ont pas été observés, c'est justement parce que des charges 'coupantes' ont été utilisées ! Cela démontre une capacité d'imagination assez fertile de leur part : comment expliquer que les 240 poteaux de façade sur les 110 étages ont ainsi été équipés ? Sans compter ceux du cœur.

Encore une fois, ce type de ruine n'est jamais arrivé, ni pour le WTC, ni pour n'importe quel cas de ruine d'ouvrage mettant en jeu des poutres semblables. C'est tout simplement impossible que des circonstances « normales » amènent à de telles observations.

## Partie 3 – La réalité des tours jumelles...

Il était impossible d'observer ce mode de ruine pour les poteaux du WTC et ce pour plusieurs raisons...

- 1) **Les épaisseurs d'acier** (plusieurs centimètres) **étaient bien trop fortes** pour amener une telle ruine.
- 2) **Les liaisons se sont rompues bien avant** l'apparition de telles déformations plastique car elles ne permettaient pas de reprendre l'intégralité du moment plastique potentiellement développé dans la section courante.
- 3) **Les tympans présents sur les poteaux de façade rompaient la symétrie des éléments** (du point de vue de l'inertie de la section droite) ce qui rend encore plus illusoire ce mode de ruine. **Quant aux poteaux du cœur, ils n'étaient pas carrés, mais rectangulaires et soudés à chaque angle.** Il est donc impossible d'avoir de telles déformations sur ces points singuliers (les soudures sont très loin de posséder la ductilité d'un acier de construction).
- 4) Une fois l'effondrement amorcé **la descente de charges** ne se faisait plus directement de poteau à poteau mais **au travers des liaisons de chaque plancher impacté avec les poteaux.** Est-il raisonnable de penser que ces équerres d'arrimage des planchers (déportées par rapport à l'axe des poteaux) pouvaient transmettre un effort suffisamment important et centré par rapport à l'axe du poteau pour générer la ruine supposée par les auteurs ? Bien sûr, c'est impossible, et c'est tout particulièrement ce point qui permet d'affirmer que l'article des auteurs est strictement inutilisable pour le cas des tours jumelles.



Bien sûr, si la comparaison est absurde pour les tours du WTC, elle le reste tout autant pour n'importe quel bâtiment car il est impossible de retrouver un tel comportement sur une structure réelle (parfait centrage des actions, élancements faibles...) de par sa réalisation même.

Cet article est donc d'une inanité rare sur le plan scientifique.

## Conclusion

Elle sera brève :

**Il est scandaleux que des papiers aussi aberrants sur le plan de la mécanique soient publiés dans des revues qui se prétendent scientifiques.**

Malheureusement, cela ne fait que confirmer ce qui avait pu être dit sur la valeur scientifique des dites revues.

# Annexe 1

## Les essais pratiqués par Korol

**Energy Dissipation Potential of Square Tubular Steel Columns Subjected to Axial Compression, *Int Rev Civil Eng (IRECE)*, by Robert M. Korol, K. S. Sivakumaran, Vol. 2. n. 1, pp. 46-51**

**Abstract** - Research into the post-buckling behavior of columns has typically been undertaken to establish safe design standards for compressive resistance rather than to evaluate the potential energy dissipation capacity under conditions of collapse. However, **extreme events, such as very hot fires or acts of terrorism** may require structural engineers to ascertain the possible consequences of a local failure that could manifest into a global collapse if adequate precautions are not taken in advance. Since a building's columns are key to the avoidance of such a catastrophe, their collective ability to absorb energy under such conditions would be paramount to saving lives and minimizing the damage done to the structure overall. A test program on the crush resistance of square steel box sections was therefore undertaken to determine the amount of energy that could be absorbed, if subjected to axial loading exceeding maximum strength. **For the eleven specimens**, possessing slenderness ratios in the low intermediate range, and tested quasi-statically, all but one exhibited crush progression of inward and outward folds propagating over the length. The amount of energy absorbed thus determined far exceeded what might have been expected for H-shaped sections, namely mid-height plastic hinge buckling ultimately compressing into a scissors shape. Our results, therefore suggest that hollow squares are much more desirable as columns than open sections in such circumstances.

Copyright © 2011 Praise Worthy Prize S.r.l. - All rights reserved

**Keywords:** Steel Columns, Tubularsection, Axial Load, Intermediate Slenderness, Energy Dissipation.

*(passages mis en valeur par mes soins)*



# Annexe 2

Quelques vues des décombres (source FEMA)

