

 <p>Lycée Pilote Innovant International</p>  <p>Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D)</p>	<p>Nom :</p> <p>Prénom :</p> <p>Date :</p>
<p>Evaluation formative 2 :</p> <p>Les tours du World Trade Center</p> <p>le 11 sept 2001</p>	<p>Correction</p>

1 Le World Trade Center

1.1 Pourquoi a-t-on construit le World Trade Center ?

Le World Trade Center correspondait à la volonté de permettre l'installation près du port de New-York de nombreuses entreprises liées au commerce international pour le redynamiser (crise des années 60 à New-York). Les tours offraient une grande surface de bureaux très près du port de New-York.

1.2 Quel est l'intérêt de construire des tours si hautes ?

Les surface constructibles manquent à New-York (il faut détruire des vieux immeubles pour en construire de nouveaux). Des tours hautes offrent une grande surface habitable avec une faible surface au sol. Le surcoût lié à la hauteur des tours est économiquement rentable.

De plus les tours jumelles allaient devenir le symbole de la puissance économique de l'Amérique.

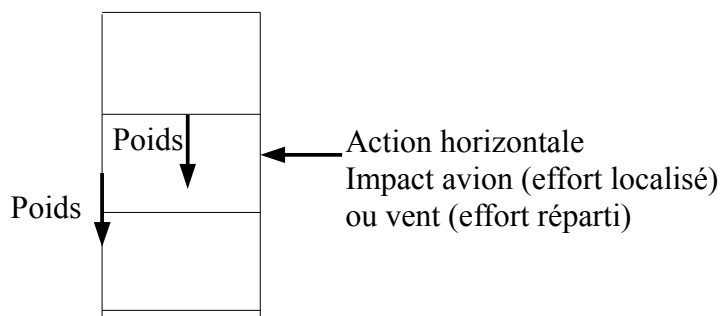
2 La structure porteuse du Worl Trade Center

2.1 Pourquoi est-il plus compliqué et plus cher de construire des immeubles de grande hauteur ?

Un immeuble très haut pèse très lourd. Il faut une structure porteuse très résistante avec des matériaux plus épais et plus résistants (l'acier notamment) qui coûtent chers (pour une même surface habitable).

La conception est plus délicate et plus longue.

2.2 Faire un schéma simplifié au maximum de la structure d'une tour avec 3 étages (rez de chaussée compris). Représenter par une flèche, en un point d'un plancher, le poids porté par ce plancher (dalle, bureau, personnes). Puis représenter par une autre flèche, en un point d'un poteau (pilier vertical), le poids porté par ce poteau.



2.3 Donner le rôle des piliers verticaux d'une tour.

Transmettre aux fondations, en appui sur le sol, les efforts subis par la tour : le poids de la tour (structure + charges d'exploitation = 288 000 tonnes environ), les contraintes liées au vent, ...

2.4 Préciser si les piliers travaillaient plutôt en compression, en traction ou en flexion.

Le poids des tours les fait travailler en compression.

Le vent les fait parfois légèrement travailler en flexion.

2.5 Expliquer ce qui permettait d'éviter le flambage des piliers (avant le 11 sept 2001).

Les piliers n'étaient pas trop chargés en compression.

Ils étaient très rigide avec une forte section.

Ils étaient maintenus latéralement (contreventement) par les planchers à chaque étage.

Ils n'étaient pas fléchis par des efforts latéraux.

2.6 Préciser comment on voit un problème de résistance mécanique d'une poutre horizontale en appui sur deux piliers à ses extrémités.

La poutre fléchit beaucoup : elle se courbe verticalement, éventuellement avec des fissures (ruptures localisées de la matière).

3 Résistance à l'impact d'un avion

3.1 Calculer l'énergie correspondant à l'impact d'un avion dans les cas suivants :

Un B767 de 140 tonnes à 700 km/h (impact sur le WTC 1).

Un B767 de 140 tonnes à 800 km/h (impact sur le WTC 2).

Un B747 de 400 tonnes à 900 km/h (impact possible aujourd'hui avec un gros avion très courant aux USA).

B767 (140 tonnes) à 700 km/h : $E = 2,7 \text{ GJ}$

B767 (140 tonnes) à 800 km/h : $E = 3,5 \text{ GJ}$

B747 (400 tonnes) à 900 km/h : $E = 12,5 \text{ GJ} = 3 \text{ kt environ} = 3 \text{ fois le 11 sept 2001}$.

3.2 Expliquer pourquoi il est impossible de construire des tours de grande hauteur avec une structure qui résisterait à l'impact d'un avion de ligne sans être perforée.

Une enveloppe résistante à l'impact d'un avion serait couverte d'une forte épaisseur de béton armé (comme l'enceinte d'un réacteur nucléaire) ou de plaques de métal épaisses (et denses). Une telle enveloppe sur une grande hauteur serait trop lourde. De plus, un tel bâtiment serait très coûteux et peu pratique (pas de fenêtres, ...).

3.3 Comparer qualitativement l'impact d'un avion sur une tour et l'action d'une rafale de vent.

Dans les deux cas la tour subit pendant un assez court instant une force horizontale qui fait fléchir la tour.

L'impact de l'avion correspond à des efforts concentrés dans la zone de l'impact.

Le vent correspond à des efforts répartis sur toute la surface exposé au vent.

3.4 Sur le schéma simplifié de la tour utilisé précédemment, représenter par une flèche l'effort que subit la tour dans ces deux cas.

3.5 Préciser ce que devient l'énergie transmise à la tour qui fléchit.

Cette énergie est transformée en chaleur. L'élévation de température est négligeable car l'énergie n'est pas concentrée en un point de la tour, elle est dissipée dans toute la tour qui a une très forte masse.

3.6 Préciser pourquoi les piliers qui n'ont pas été touchés par l'impact ont du supporter une plus forte charge.

Des éléments de structure ont permis le transfert de la charge des piliers sectionnés par l'impact sur les piliers restants.

3.7 Préciser pourquoi les piliers qui n'ont pas été touchés par l'impact ont pu supporter une plus forte charge sans plier ni se rompre (juste après l'impact).

Ils étaient dimensionnés avec un fort coefficient de sécurité. Ça a été suffisant pour supporter la surcharge.