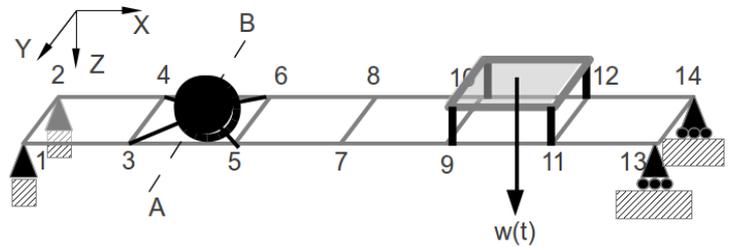


Les cours, notes de cours et de TD ainsi qu'une calculatrice scientifique sont admis.

**Question 1 – 10 points**

Soit la poutre représentée ci-contre formée de barres soudées. Les 14 nœuds sont numérotés de 1 à 14. Les nœuds 1 et 2 sont encastrés, les nœuds 13 et 14 sont bridés en  $Y$  et  $Z$ .

Une perturbation aléatoire  $w(t)$  agit verticalement entre les nœuds 9, 10, 11 et 12 comme indiqué sur la figure.



Un actionneur constitué par une roue à inertie d'axe  $AB$  dans le plan de la poutre produit un moment  $M$  réparti sous forme de forces aux nœuds 3, 4, 5 et 6. Deux capteurs mesurent les déplacements horizontaux aux nœuds 13 et 14. L'utilisateur s'intéresse aux mouvements verticaux des nœuds 7 et 8.

On demande de spécifier les matrices  $B$ ,  $D$ ,  $C_p$ ,  $M_p$  et  $M_r$  relatives aux équations suivantes bien connues :

$$M \ddot{q} + H \dot{q} + K q = D w(t) + B u(t) \quad , \quad y = C_p q \quad , \quad z = M_r \dot{q} + M_p q + v$$

sachant que les degrés de liberté, désignés avec les conventions déjà appliquées aux travaux dirigés, sont rangés dans l'ordre croissant dans  $q$ . NB : il y a 6 degrés de liberté par noeud

**Question 2 – 10 points**

- (2 points) Pourquoi utilise-t-on en mécanique une formulation sous forme d'équation d'état de préférence à l'équation du second degré qui gère généralement les comportements mécaniques ?
- (2 points) Pourquoi est-il intéressant de considérer des sollicitations extérieures de type aléatoire ? Quelle est la conséquence sur la connaissance du comportement temporel du système et de ses degrés de liberté ?
- (2 points) Pourquoi et en quoi les résultats obtenus en considérant un régulateur idéal sont-ils différents des résultats du système complet ?
- (2 points) Qu'est-ce qu'un observateur et pourquoi en utilise-t-on un dans le cadre de ce cours ?
- (2 points) Expliquez la notion de contrôlabilité énergétique. Comparez avec la perturbabilité énergétique en soulignant et critiquant les hypothèses.