

Indiquez clairement le N° de la question traitée. Attention au soin et à l'orthographe

## 1 SYSTEME « TUBE A TUBE »

Vallourec & Mannesmann Tubes (V&M Tubes), entreprise du groupe Vallourec, est le leader mondial dans la production de tubes en acier sans soudure laminés à chaud. L'entreprise exploite des tuberies équipées des installations les plus modernes : quatre en France, quatre en Allemagne, trois aux USA et au Brésil et une ligne de finition en Chine.

Ces tubes sont employés dans des applications très diverses : Canalisations hydrauliques, pneumatiques, vapeur, ventilation, climatisation.

Le site de V&M Tubes situé à Aulnoye-Aymeries, qui produit des tubes de 114 mm à 508 mm de diamètre pour des longueurs variant de 4,40 à 14,20 m possède un banc spécifique de test de pression hydraulique pour valider la qualité des produits finis exigée par certains clients.

Avant d'être présentés sur le banc test, les tubes sont prélevés un par un par un dispositif dit « tube à tube » depuis une zone de stockage puis transférés sur une rampe d'évacuation vers une zone de lavage.

La Figure 1 présente le diagramme de définition de blocs du système « tube à tube ».

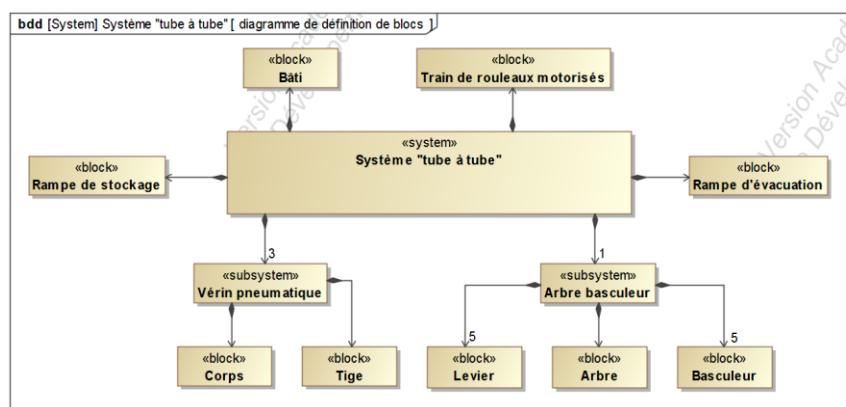


Figure 1 - Diagramme de définition de blocs du système "tube à tube".

La Figure 2 et la Figure 3 présentent l'architecture du système « tube à tube ».

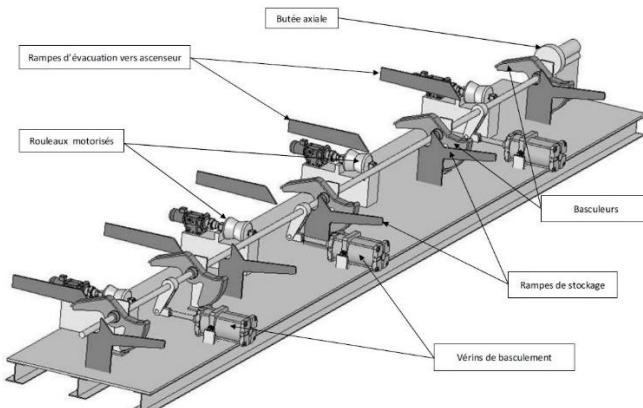


Figure 2 - Vue générale du système "tube à tube" (tube non représenté)

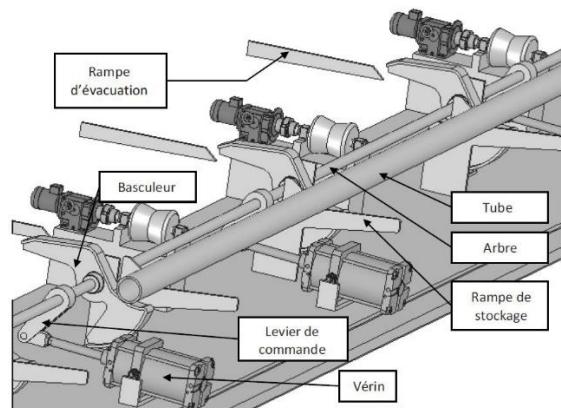


Figure 3 - Détail du système "tube à tube".

Le transfert du tube depuis la zone de stockage vers la zone de lavage est réalisé grâce à trois vérins pneumatiques et un arbre équipé de 5 leviers et 5 basculeurs.

L'enchaînement des étapes est décrit par la Figure 4 et la Figure 5.

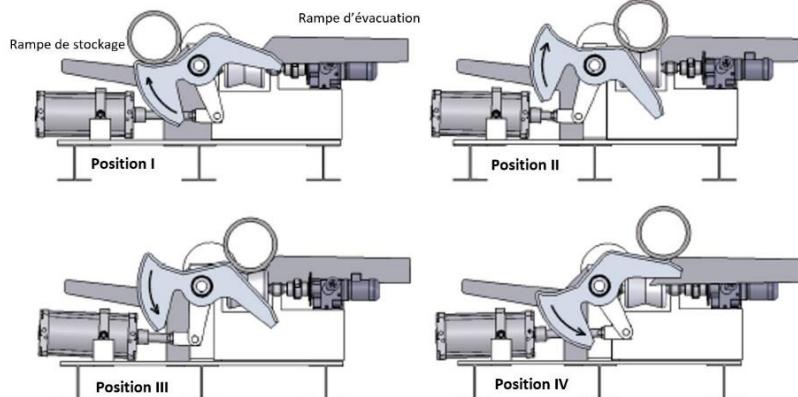


Figure 4

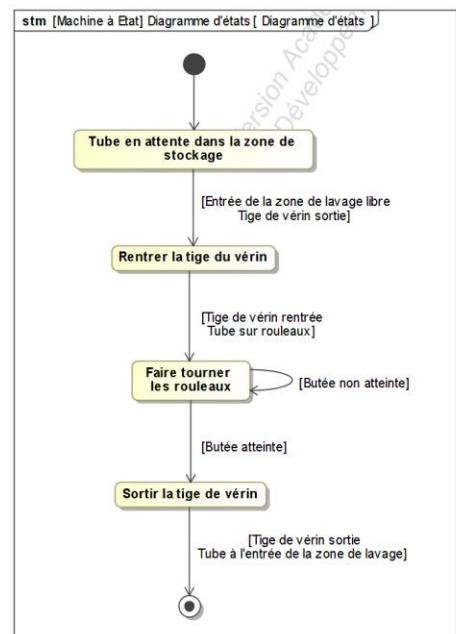


Figure 5

Le cahier des charges du système « tube à tube » est partiellement donné sous la forme du diagramme d'exigences de la Figure 6.

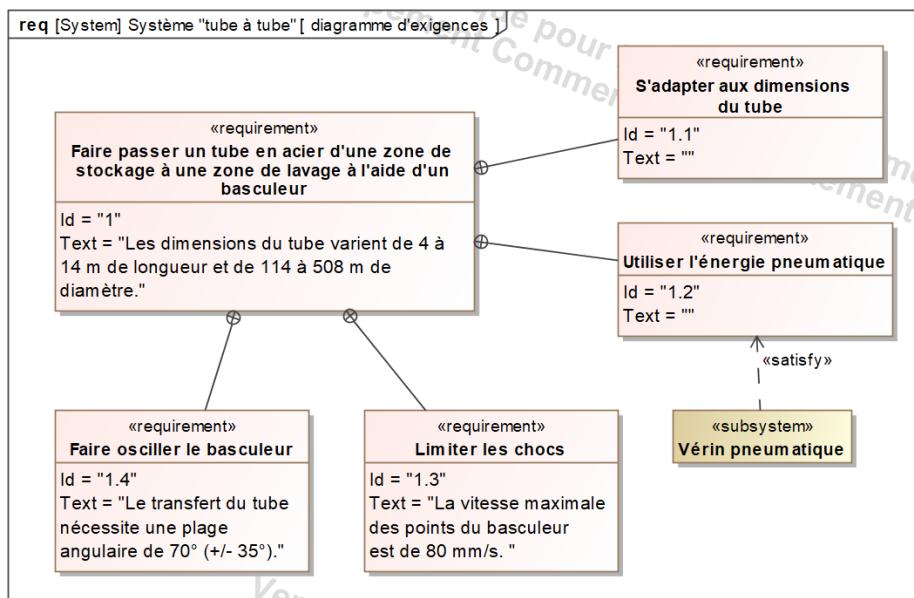


Figure 6 - Diagramme d'exigences du système "tube à tube".

### 3 PARAMETRAGE

La Figure 7 fournit le modèle cinématique du système « tube à tube » ainsi que deux positions particulières (figure B : prise du tube et figure C : dépose du tube).

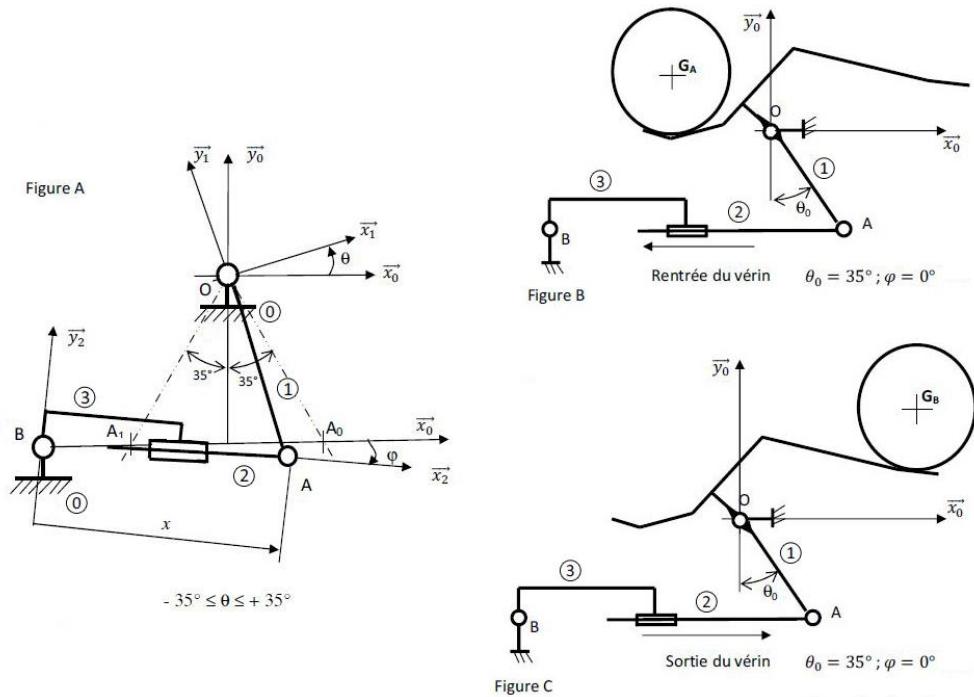


Figure 7 - Modèle cinématique et paramétrage

**Paramétrage des pièces et des repères orthonormés directs associés :**

- Bâti **0** : Repère  $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  ;
- Arbre basculeur **1** : Repère  $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$  ;
- Tige du vérin **2** : Repère  $(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$  ;
- Corps du vérin **3** : Repère  $(B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ .

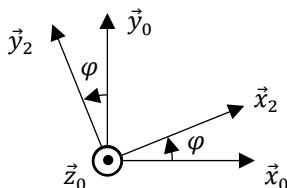
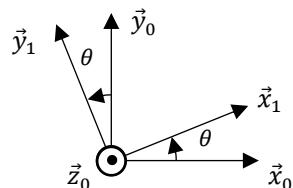
**Paramétrage des angles :**

Position angulaire de **1** par rapport à **0**

$$\theta(t) = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$$

Position angulaire de **3** par rapport à **0**

$$\varphi(t) = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$$



**Paramétrage des distances :**

- $\overrightarrow{OA} = -R \cdot \vec{y}_1$  avec  $R = 400 \text{ mm}$  ;
- $\overrightarrow{OB} = -d \cdot \vec{x}_0 - h \cdot \vec{y}_0$  avec  $d = 732 \text{ mm}$  et  $h = 328 \text{ mm}$  ;
- Position linéaire de **2** par rapport à **3** :  $\overrightarrow{BA} = x(t) \cdot \vec{x}_2$

## 4 VALIDATION DE L'EXIGENCE 1.4 : FAIRE OSCILLER LE BASCULEUR

Pour assurer le transfert du tube, la position  $\theta$  du basculeur doit varier de  $+35^\circ$  à  $-35^\circ$ .

Le vérin part d'une position horizontale (le point A est en  $A_0$ ), pour arriver de nouveau à l'horizontal en fin de déstockage (le point A est alors en  $A_1$ ).

**Q1- Etablir** le graphe de liaisons du mécanisme en utilisant le modèle cinématique de la Figure 7.

**Q2- Compléter** le graphe de liaisons précédent avec les paramètres  $\theta(t)$ ,  $\varphi(t)$  et  $x(t)$ .

Le graphe de liaisons fait apparaître un cycle. L'exploitation « géométrique » du cycle permet d'écrire l'équation vectorielle suivante appelée « fermeture géométrique » :

$$\overrightarrow{OB} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AO} = \vec{0}$$

**Q3- Exprimer** l'équation vectorielle précédente à l'aide du paramétrage et **projeter** l'équation obtenue sur  $\vec{x}_0$  et  $\vec{y}_0$  pour obtenir un système de deux équations scalaires.

**Q4-** En utilisant la propriété trigonométrique  $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$ , **montrer** qu'on peut écrire une équation donnant  $x(t)$  en fonction de  $\theta(t)$  :

$$x(t) = \sqrt{(d + R \cdot \sin \theta(t))^2 + (h - R \cdot \cos \theta(t))^2}$$

**Q5-** En utilisant le système d'équations scalaires, **monter** que  $\varphi(t)$  peut écrire une équation donnant  $\varphi(t)$  en fonction de  $\theta(t)$  :

$$\tan \varphi(t) = \frac{h - R \cdot \cos \theta(t)}{d + R \cdot \sin \theta(t)}$$

**Q6- Exprimer**  $x(t_0)$  quand le point A est en  $A_0$  (tige de vérin sortie) puis **calculer**  $x(t_0)$ .

**Q7- Exprimer**  $x(t_1)$  quand le point A est en  $A_1$  (tige de vérin rentrée) puis **calculer**  $x(t_1)$ .

**Q8- En déduire** la course du vérin  $C_{vérin}$  pour effectuer le transfert du tube.

**Q9- Choisir** le premier vérin qui convient dans le Tableau 1.

Numéro vérin	$\emptyset$ Alésage (mm)	$\emptyset$ Tige (mm)	Course mini (mm)
1	94	50	440
2	120	60	470
3	150	60	500
4	171	70	520
5	221	80	560
6	247	80	580
7	300	80	660
8	350	100	710
9	400	100	730

Tableau 1 - Liste de catalogue disponibles.