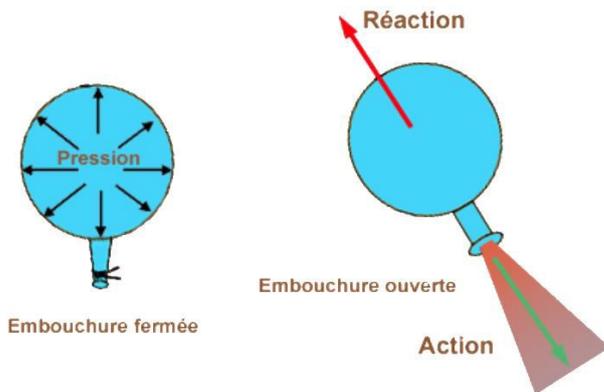


## Ex. 1 : Turboréacteur avec tuyère à ouverture variable

Le fonctionnement des turboréacteurs s'appuie sur le principe d'action-réaction : il s'agit d'accélérer une masse d'air pour créer une force de poussée qui, par réaction, va propulser l'avion.



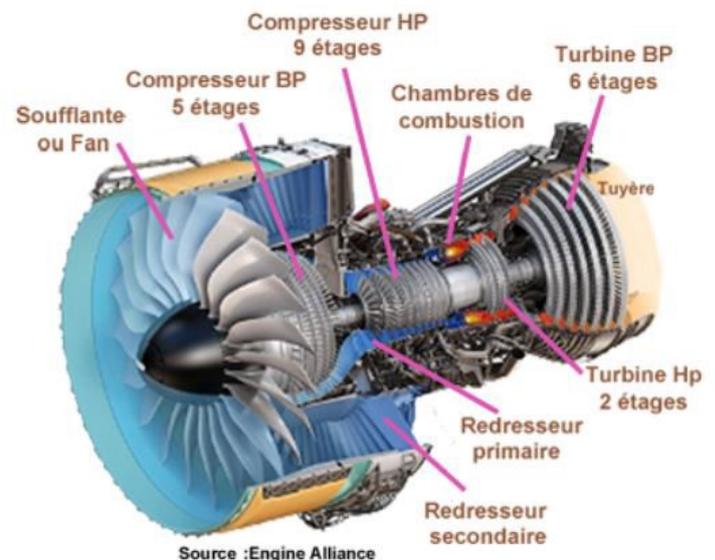
Rafale propulsé par deux moteurs Snecma M88



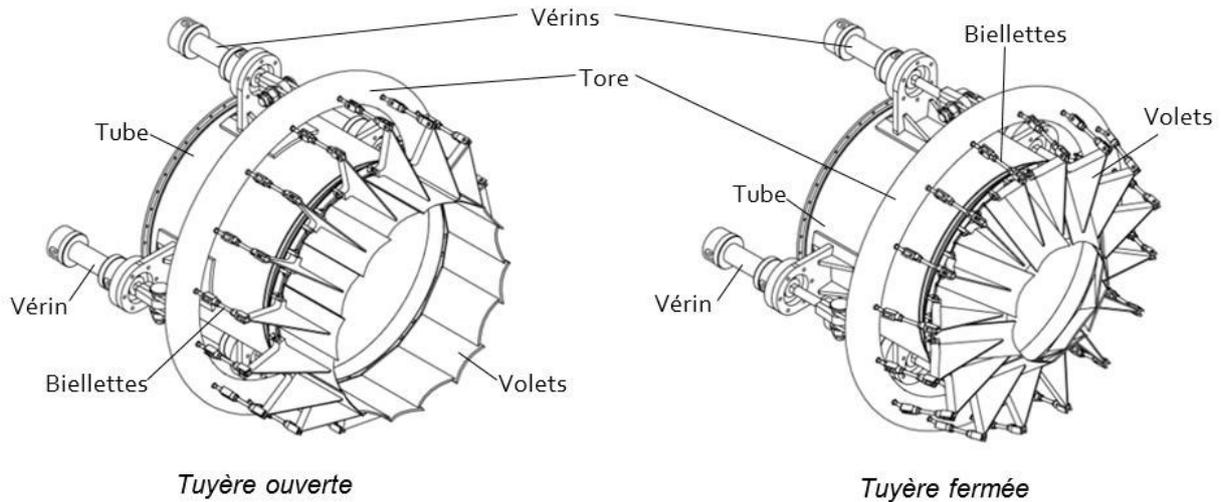
Prenons comme exemple un ballon que l'on gonfle. La paroi du ballon subit une certaine pression et se dilate. Si le ballon est bien fermé la résultante des forces de pression à l'intérieur du ballon est nulle (figure de gauche ci-contre). Maintenant ouvrons l'embouchure du ballon (figure de droite), les gaz en s'échappant créent l'énergie de propulsion (action) et provoquent le déplacement du ballon (réaction tant que la pression interne des gaz sera suffisante).

Un turboréacteur repose sur ce même principe. À l'intérieur de ce dernier, on trouve 3 étapes, à savoir ((voir vidéos de fonctionnement des turboréacteurs sur internet) :

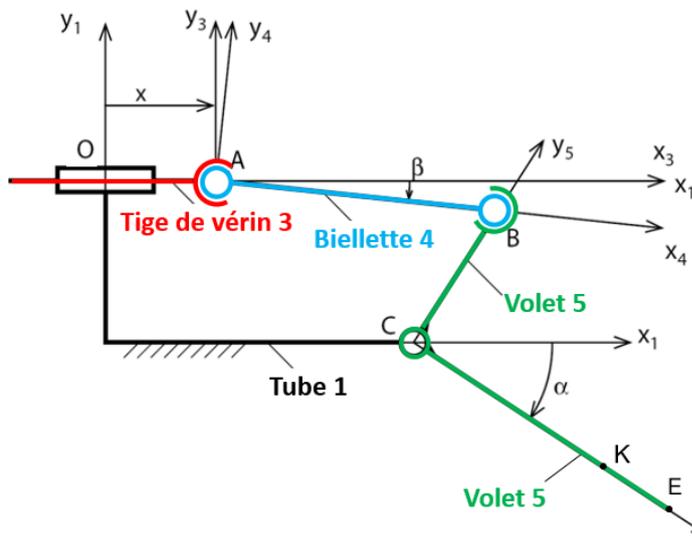
- 1/ **Compression** dans la soufflante + compresseurs basse pression BP + compresseurs haute pression HP)
- 2/ **Combustion** dans les chambres de combustion
- 3/ **Détente** dans les turbines + tuyère



Montée en sortie du turboréacteur, la **tuyère** à « ouverture variable » (c'est-à-dire **de section variable**) permet de modifier la section de passage du fluide en sortie (voir photos ci-contre). Le dispositif permettant de réduire cette section est constitué de **seize volets** articulés sur la **périphérie d'un tube** (voir figure ci-dessous) mis en mouvement par **seize biellettes** toutes identiques, reliées à un tore mis en translation, à l'aide de **quatre vérins hydrauliques** répartis régulièrement autour du tube.



Le dispositif précédent, qui transforme le déplacement linéaire  $x$  de la tige 3 d'un des quatre vérins, en déplacement angulaire  $\alpha$  d'un des seize volets 5 est modélisé ci-dessous :



On donne:

$$\vec{OA} = x \vec{x}_1$$

$$\vec{AB} = l \vec{x}_4$$

$$\vec{CB} = h \vec{y}_5$$

$$\vec{OC} = l \vec{x}_1 - h \vec{y}_1$$

$$\vec{CE} = L \vec{x}_5$$

$$\vec{CK} = c \vec{x}_5$$

On néglige l'action de pesanteur. Les liaisons sont supposées parfaites. L'action de l'air sur un

volet 5 est modélisée par :  $\{T_{air \rightarrow 5}\} = \begin{cases} \vec{F}_a \\ \vec{0} \end{cases}$   
 $\forall P \in (K, \vec{y}_5)$

L'action de l'huile sur la tige du vérin 3 est modélisée par :  $\{T_{1 \xrightarrow{huile} 3}\} = \begin{cases} \rho \cdot S \vec{x}_3 \\ \vec{0} \end{cases}$   
 $\forall P \in (A, \vec{x}_3)$

avec  $\rho$  la pression du fluide et  $S$  la section de la tige du vérin.

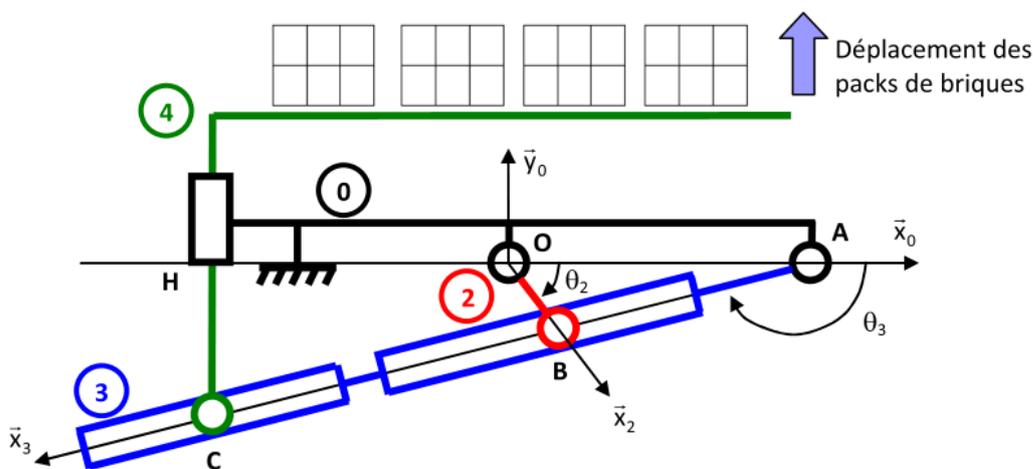
**Question 1.** Repasser en couleur les différents solides sur le schéma cinématique.

**Question 2.** Réaliser le graphe d'analyse du système

**Question 3.** Exprimer la pression  $\rho$  à imposer dans le vérin pour maintenir le système à l'équilibre.

**Ex. 2 : Palettiseur pour l'industrie laitière**

Des briques de lait de 1L sont stockées par groupe de 6 et déposées sur des palettes afin de faciliter leur transport par camions. Dans la chaîne de conditionnement, on utilise des poussoirs qui poussent des lots de 6 briques de lait. On se propose d'étudier un de ces poussoirs dont on donne le modèle cinématique ci-dessous. Un motoréducteur (dont le rapport de réduction du réducteur est noté  $r$ ) anime en rotation continue la manivelle 2. Par l'intermédiaire de la liaison en B, la manivelle 2 déplace la tige 3 en rotation autour de l'axe  $(A, \vec{z}_0)$  qui déplace elle-même le poussoir 4 en translation suivant  $\vec{y}_0$ .



On définit :

$$\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$$

$$\theta_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$$

$$\vec{AB} = \mu \vec{x}_3$$

$$\vec{AC} = \lambda \vec{x}_3$$

$$\vec{HC} = y \vec{y}_0$$

$$\vec{OA} = L_1 \vec{x}_0 \text{ avec } L_1 = 0,25 \text{ m} \qquad \vec{OB} = R \vec{x}_2 \text{ avec } R = 0,15 \text{ m}$$

$$\vec{HA} = L \vec{x}_0 \text{ avec } L = 2 * L_1 = 0,5 \text{ m} \qquad r = 100 \text{ (rapport de réduction)}$$

Dans la situation où un pack de briques de lait est coincé au moment de son évacuation, un dispositif de protection du moteur est prévu afin d'éviter la détérioration de ce dernier. Le dimensionnement de ce dispositif de sécurité nécessite donc de connaître le couple maximal fourni par le moteur lors d'une telle situation.

On néglige l'action de pesanteur devant les autres actions mécaniques mises en jeu. Les liaisons sont supposées parfaites. Lorsqu'un pack de briques de lait est coincé, son action sur le poussoir 4 est modélisée par :

$$\{T_{briques \rightarrow 4}\} = \underset{\forall P \in (G, \vec{y}_0)}{\begin{cases} -F \vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{cases}}$$

**Question 1.** Repasser en couleur les différents solides sur le schéma cinématique.

**Question 2.** Réaliser le graphe d'analyse du système

**Question 3.** Exprimer le couple moteur fourni par le moteur lorsque le système est en position d'équilibre et qu'un pack de briques de lait est coincé.