

## Tronc Commun

<b>Chapitre</b>	<b>2. Outils et méthodes d'analyse et de description des systèmes</b>
<b>Objectif général de formation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identifier les éléments influents d'un système,</li> <li>• décoder son organisation,</li> <li>• utiliser un modèle de comportement pour prédire ou valider ses performances.</li> </ul>
<b>Paragraphe</b>	2.3 Approche comportementale
<b>Sous paragraphe</b>	2.3.5 Comportement énergétique des systèmes
<b>Connaissances</b>	Analyse des pertes de charges fluidiques, caractéristiques des composants
<b>Niveau d'enseignement</b>	Terminale
<b>Niveau taxonomique</b>	<b>3.</b> Le contenu est relatif à la <b>maîtrise d'outils d'étude ou d'action</b> : utiliser, manipuler des règles ou des ensembles de règles (algorithme), des principes, des démarches formalisées en vue d'un résultat à atteindre.
<b>Commentaire</b>	<p><i>L'analyse de systèmes simples doit permettre de montrer l'analogie entre les éléments mécaniques, électriques, hydrauliques.</i></p> <p><i>On privilégie l'emploi de formulaires pour la détermination des pertes de charges des réseaux fluidiques.</i></p> <p><i>Activités pratiques sur maquettes instrumentées permettant de caractériser les paramètres influents du fonctionnement de différentes chaînes d'énergies et d'optimiser les échanges d'énergie entre une source et une charge. On s'attache à la caractéristique des charges en lien avec un modèle de comportement. Les modèles de comportement sont étudiés autour d'un point de fonctionnement.</i></p>
<b>Liens</b>	

### Présentation du bilan énergétique d'un écoulement :

*(Unités, équations aux dimensions : voir sciences physique)*

#### Notion de débit « moyen » de fluide :

- massique  $q_m$  en kg/s
- volumique  $q_v$  en  $m^3/s$  et  $m^3/h$ ,
- conversion de débit massique en débit volumique :  $q_m = \rho \cdot q_v$

#### Équations aux dimensions de :

- la Joule ( $1J = 1kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$ )
- du Pascal ( $1Pa = 1kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$ )

Remarque que  $1Pa = 1J \cdot m^{-3}$  : l'expression d'une pression dans un fluide correspond à une énergie volumique.

#### Différentes énergies liées au transport de fluide

- Énergie potentielle de pression  $p$
- Énergie potentielle de position  $\rho \cdot g \cdot z$  (mgz/V)
- Énergie cinétique, appelée dans le cas des fluides « pression dynamique »  $\frac{\rho w^2}{2}$  ( $\frac{m w^2}{2V}$ )

Ces différentes énergies seront décrites en Pa ( $J/m^3$ )

#### Hypothèses d'étude :

- Régime permanent qui conduit à une équivalence temps – lieu : le bilan entre 2 lieux au sein de l'écoulement à l'instant « t » est équivalent au bilan au cours du temps de l'écoulement.
- Fluide incompressible (pas de variation de volume sous l'effet de la pression)
- Fluides réels visqueux
  - Présenter les viscosités ( $\mu$  : dynamique [Pa.s] et  $\nu$  : cinématique [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]) uniquement sous forme de valeurs et observer la diminution de leur valeur en fonction de la température : un fluide « chaud » s'écoulera mieux
  - Comparer plusieurs fluides sous l'angle de la viscosité (eau / huile/ fuel...)
- Tuyaux réels rugueux :

# Tronc Commun

---

- Présenter la rugosité absolue  $\epsilon$  et donner quelques ordres de grandeurs suivant les matériaux.
- Ou présenter la rugosité relative au diamètre  $\epsilon/D$
- Comparer les matériaux en fonction de ce paramètre (qualité, vieillissement etc...)

## Principes de conservation

- de la masse : au cours du déplacement, la masse est conservée  
=> le débit massique est conservé dans un écoulement, le débit volumique est conservé pour les liquides  
=> la vitesse des liquides est conservée lorsque le diamètre de canalisation ne varie pas.
- de l'énergie : l'énergie de départ et d'arrivée sont égales :
  - la « charge » d'un fluide est conservée en l'absence de pertes :  $X_1=X_2$  [Pa] (théorème de Bernoulli)
  - Variation de charge en présence de pertes :  $X_1=X_2 +Z$  [Pa] (Z : pertes de charge, Théorème de Bernoulli généralisé)
  - On remarquera que les pertes de charge se feront au détriment de la pression statique dans une canalisation.
  - Exemples à aborder : vidange de réservoir, étude d'une conduite forcée de turbine de type Pelton ou autre.

## Étude détaillée des pertes de charge : (uniquement pour l'eau et l'air)

- Linéiques ou linéaires :
  - on abordera uniquement les pertes de charge linéaires à travers le coefficient « j » de perte de charge en Pa/m.
  - les élèves liront le coefficient « j » dans des abaques en fonction du débit et du diamètre de canalisation, ou bien à l'aide de logiciels de calculs automatiques de coefficients « j »
  - on privilégiera la lecture des coefficients dans les unités SI (on évitera les unités telles que mmCE/m)
  - on n'abordera pas le calcul du nombre de Reynolds ni la lecture du coefficient  $\lambda$  sur l'abaque de Moody, ni le calcul du coefficient « j » à partir de ces valeurs
  - on observera cependant la variation de j sous l'influence de la pression dynamique, de la vitesse, de la rugosité, de la viscosité sur des simulations numériques ou tableurs déjà paramétrés. On remarquera notamment que la perte de charge est proportionnelle à la vitesse au carré ( $w^2$ ).
- Singulières :
  - On présentera des tableaux de lecture de coefficients  $\xi$  pour l'eau ou  $\zeta$  pour l'air en fonction des accidents de parcours rencontrés
  - On analysera ces valeurs en fonction des singularités et on remarquera l'importance que représente la prise en compte des vannes / robinets dans le calcul des pertes de charge.
  - On ne calculera les pertes de charge singulières que dans des cas simples et on s'aidera pour des calculs de projets de logiciels, de feuilles de calculs pré-établies ou d'abaques de lecture directe de Z en fonction du débit.
  - On n'abordera pas le calcul des coefficients à travers le théorème d'Euler (théorème des quantités de mouvement).

## Compenser les pertes de charge en circuit fermé :

- À partir de schémas de principe simplifiés et / ou de plan d'installation et/ ou de schémas en perspective, on abordera la notion de « circuit », on repèrera les différents « tronçons » pour lesquels on calculera les pertes de charge.
- En appliquant le théorème de Bernoulli aux bornes d'un circulateur, on mettra en évidence :
  - $\Delta p_{\text{circulateur}}=Z_{\text{circuit}}$
  - Que le circulateur doit compenser la pression perdue au cours du transport.
- On n'abordera le phénomène de cavitation que de manière qualitative, uniquement pour justifier de l'emplacement « bas » des circulateurs dans une installation de chauffage.

# Tronc Commun

---

## Le cas des circuits ouverts :

- Écoulements gravitaires :
  - o cas de l'adduction d'eau potable (tuyaux pleins sous pression). Mise en évidence de l'intérêt de conversion d'énergie potentielle de position en énergie de pression.
  - o On n'abordera pas le cas des tuyaux non pleins à pression atmosphériques (eaux usées, pluviales etc...)
  
- Présence de pompes :
  - o On mettra en évidence le rôle de la pompe :
    - Compenser la différence de hauteur géométrique
    - Créer éventuellement une pression résiduelle
    - Compenser les pertes de charge
  - o Ce rôle pourra être mis en évidence à partir de l'équation de Bernoulli.
  - o On n'abordera le phénomène de cavitation que de manière qualitative, uniquement pour justifier de l'emplacement « bas » des pompes dans une installation.
  
- Installations de ventilation et de traitement d'air :
  - o On considèrera des installations de ventilation ou de traitement d'air en négligeant l'effet de la différence de hauteur géométrique

## Composants du système :

On observera les caractéristiques

- des pompes, ventilateurs (courbes) afin de justifier leur bon fonctionnement
- des vannes, organes de réglage, ... afin de quantifier les pertes de charge engendrées

## Ce que l'on attend de l'élève :

Face à un schéma de principe, un synoptique ou une représentation d'un système, l'élève devra être capable de :

- relever les informations nécessaires au bilan de pertes de charges (diamètres, débits, etc...),
- déterminer un coefficient de perte de charge linéaire et la perte de charge linéaire à partir d'abaques ou de bases de données,
- déterminer un coefficient de pertes de charge singulière et la perte de charge singulière à partir de tableaux de données,
- déterminer la perte de charge globale d'un circuit hydraulique ou aéraulique
- justifier la sélection ou donner les critères de sélection ou sélectionner la pompe ou le ventilateur adapté dans des cas simples.