

# TP de Génie des Procédés 2025 / 2026

*- Présentation et consignes -*

# Equipe pédagogique

|                    | TP                                             | Enseignant·e                      | Adresses e-mail des enseignant·es pour la remise des rapports de TP |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Equipe pédagogique | Perte de charge dans des conduites             | Simon BINDER ou Nour ABOU SALEH   | simon.binder@univ-lorraine.fr<br>nour.abou-saleh@univ-lorraine.fr   |
|                    | Distribution des temps de séjour (DTS)         | Céline LOUBIERE ou Nathan NOURDIN | celine.loubiere@univ-lorraine.fr<br>nathan.nourdin@univ-lorraine.fr |
|                    | Humidification d'air                           | Simon BINDER ou Nour ABOU SALEH   | simon.binder@univ-lorraine.fr<br>nour.abou-saleh@univ-lorraine.fr   |
|                    | Production frigorifique et congélation         | Céline LOUBIERE ou Nathan NOURDIN | celine.loubiere@univ-lorraine.fr<br>nathan.nourdin@univ-lorraine.fr |
|                    | Transfert d'oxygène en bioréacteur ( $k_L a$ ) | Nakry PEN                         | nakry.pen@univ-lorraine.fr                                          |
|                    | Transfert thermique dans des échangeurs        | Nakry PEN                         | nakry.pen@univ-lorraine.fr                                          |

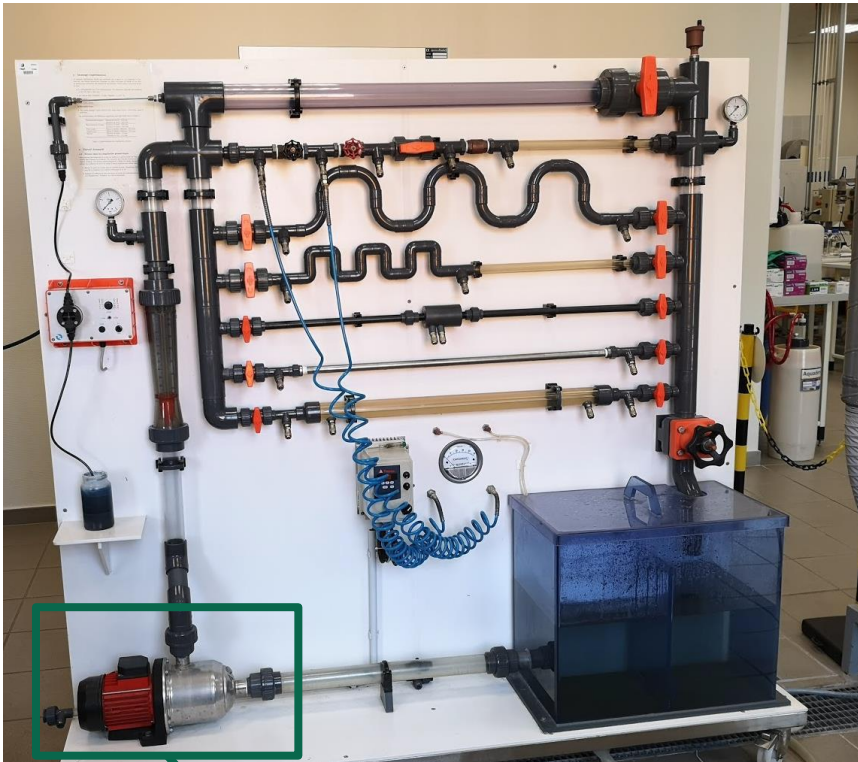
## Equipe support technique :

Mathieu MISTA (mathieu.mista@univ-lorraine.fr)

Benjamin PATE (benjamin.pate@univ-lorraine.fr)

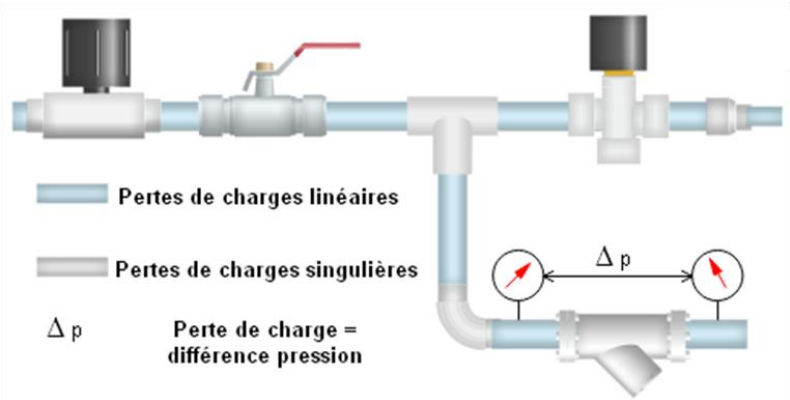
# Perte de charge dans des conduites

INSTALLATION



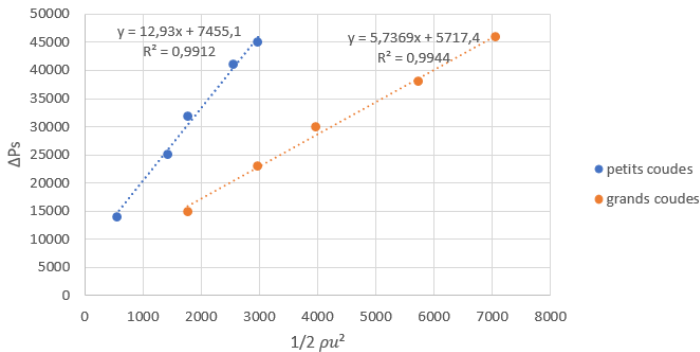
POMPE

PERTE DE CHARGE LINÉAIRE ET SINGULIÈRE

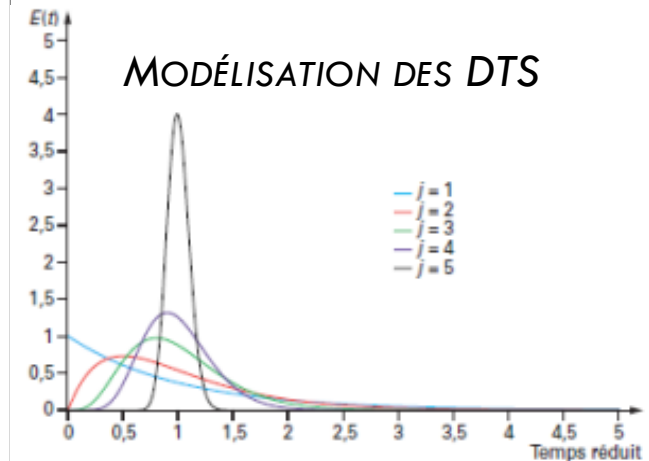
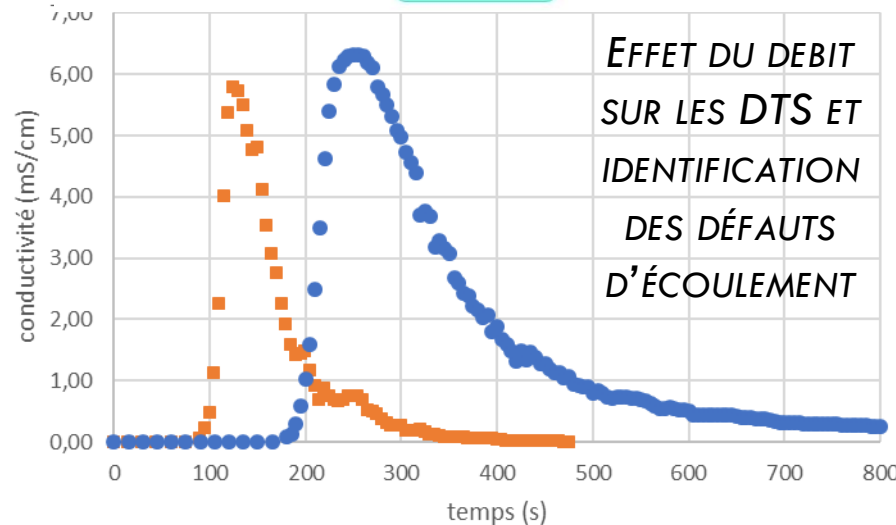
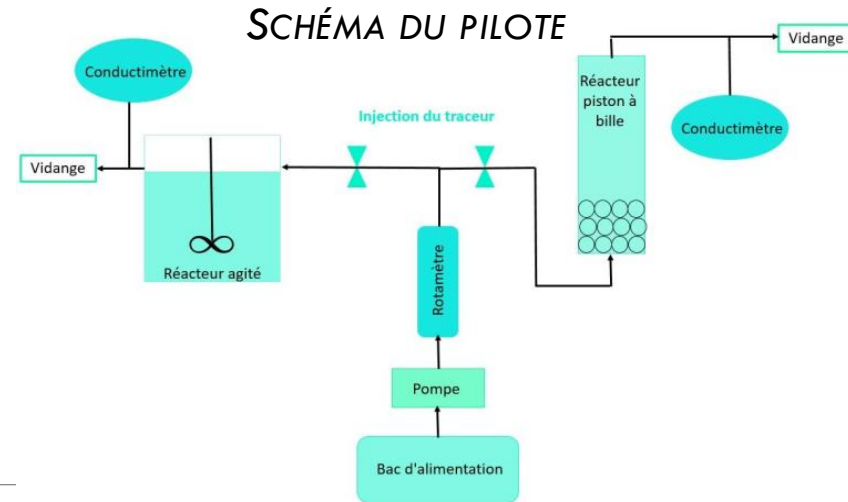


CORRÉLATIONS VS. EXPÉRIMENTAL

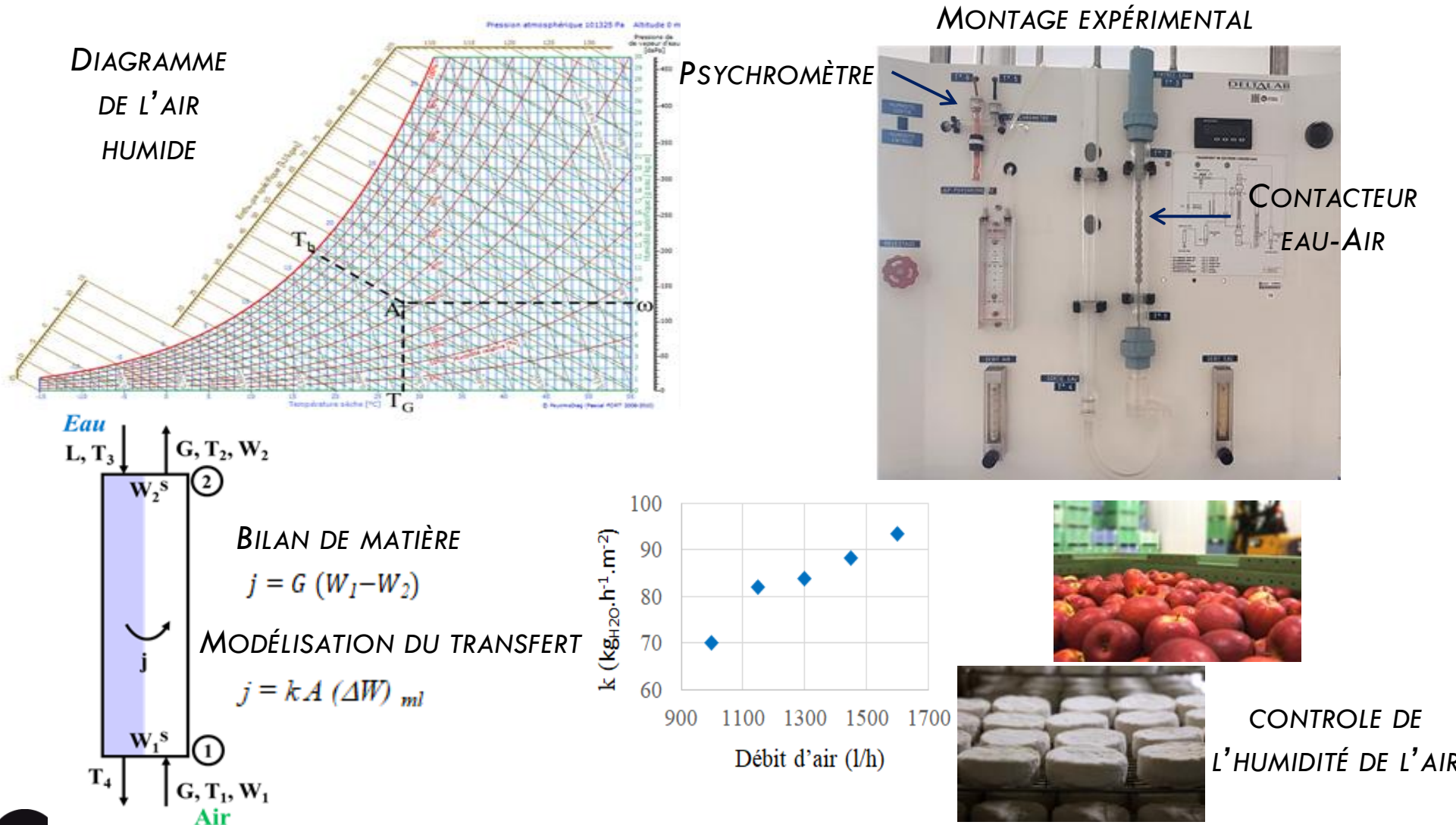
| Accident | Elargissement                                     | Rétrécissement                                             | Diaphragme                                                                                             | Coude arrondi                                          |
|----------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Formule  | $\alpha = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2$ | $\alpha = 0,5 \times \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2}\right)$ | $\alpha = 2,8 \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right] \left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1\right]$ | $\alpha = 0,42 \times \left(\frac{D}{Rc}\right)^{0,5}$ |



# Distribution des temps de séjour (DTS)



# Humidification d'air

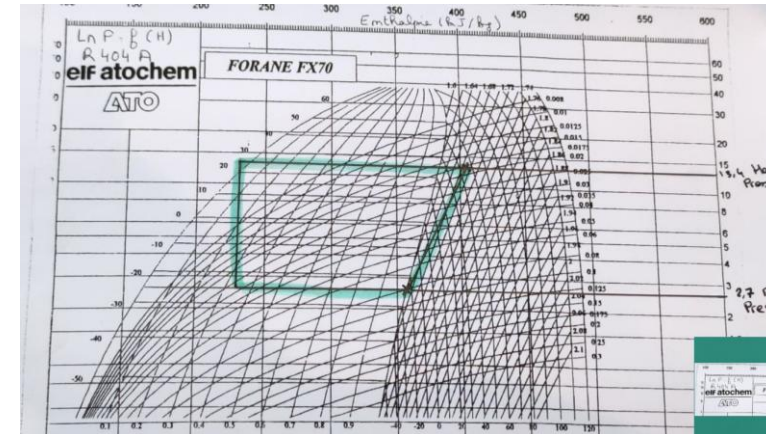


# Production frigorifique et congélation

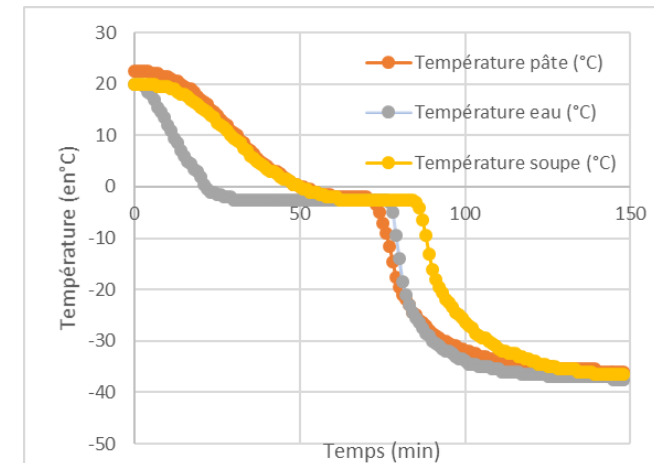
MACHINE FRIGORIFIQUE



CYCLE FRIGORIFIQUE H,P



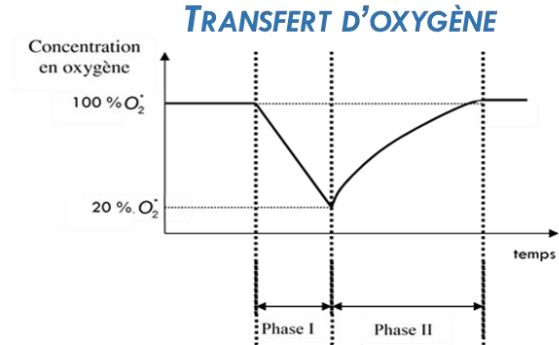
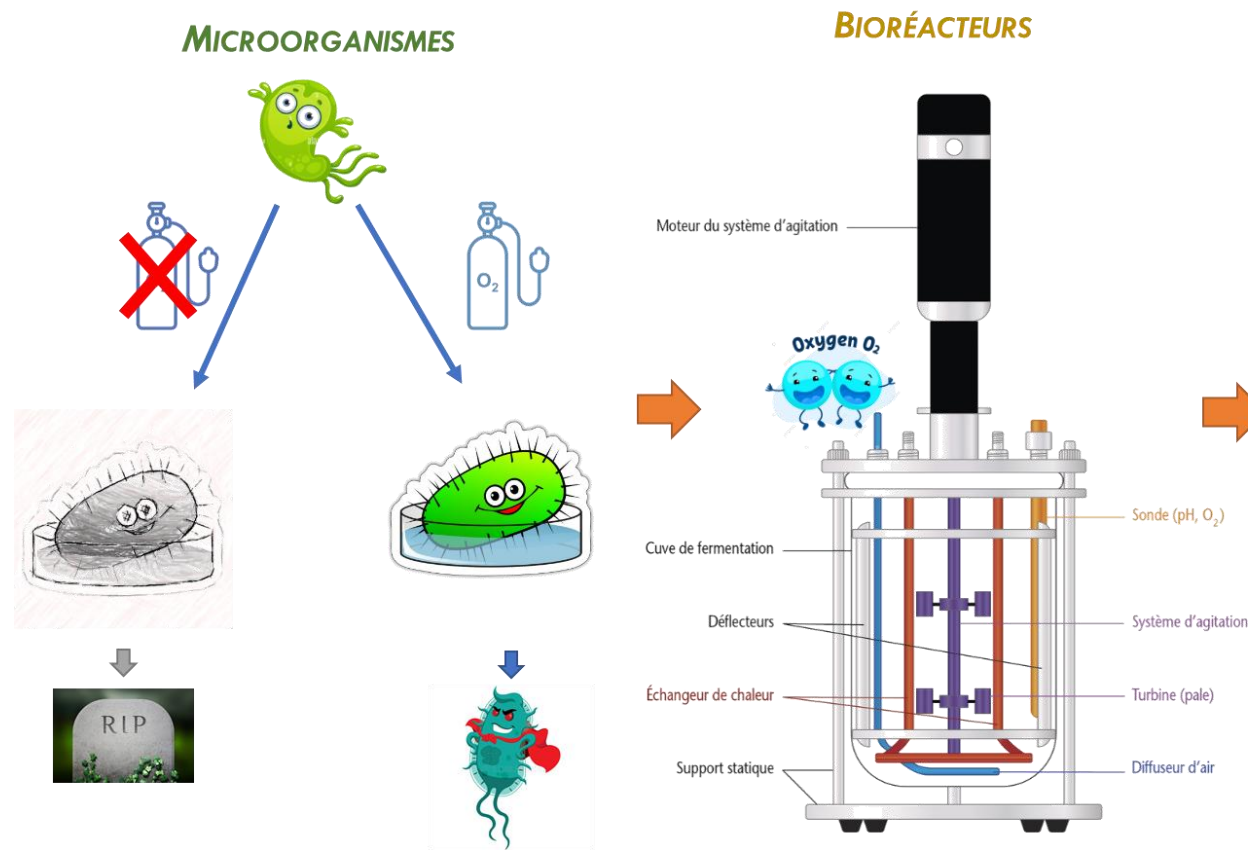
CINÉTIQUE DE CONGÉLATION



PRODUITS ALIMENTAIRES



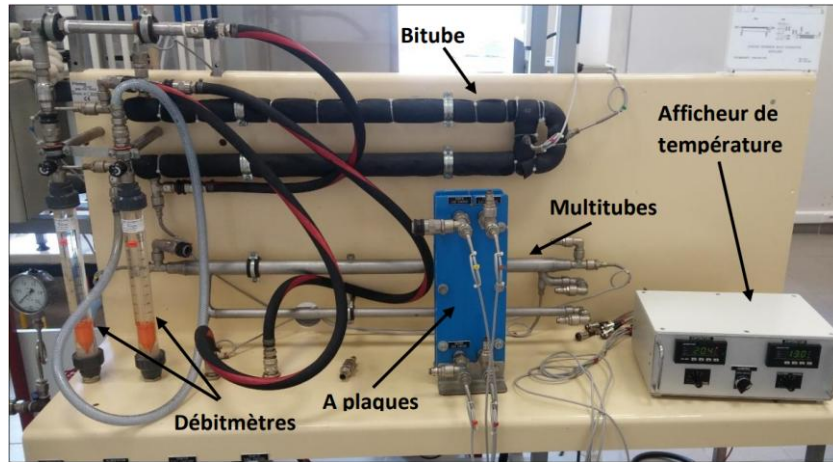
# Transfert d'oxygène dans les bioréacteurs ( $k_L a$ )



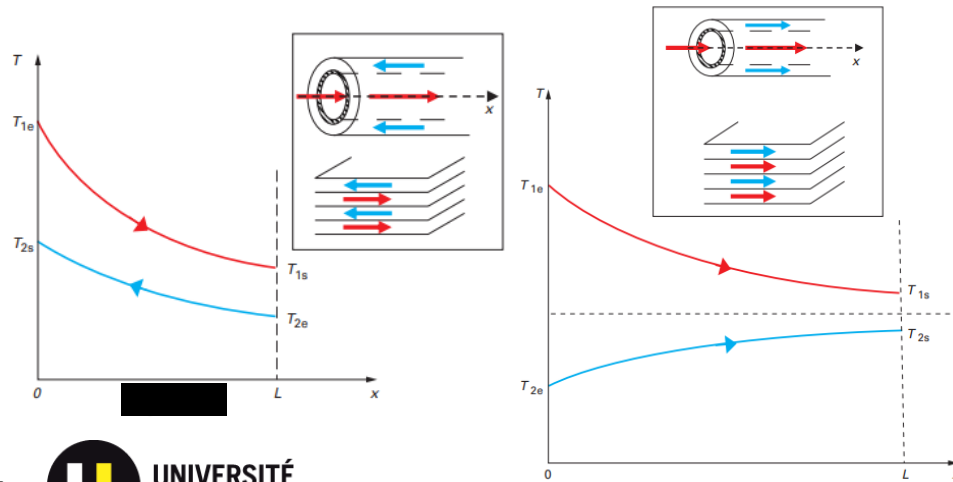
- ❖ Solubilité de l'oxygène dans l'eau
- ❖ Consommation d'oxygène par les microorganismes
- ❖ Apport d'oxygène selon les conditions de procédé
- ❖ Puissance dissipée pour un système en aération
- ❖ Coefficient de transfert d'oxygène

# Transfert thermique dans les échangeurs

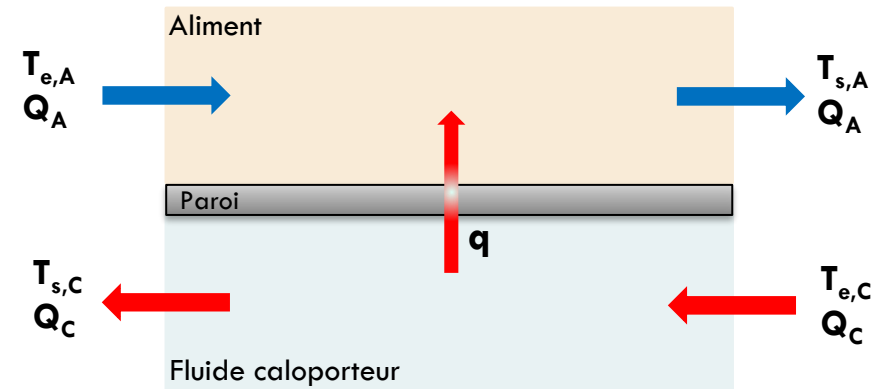
## ÉCHANGEURS THERMIQUES



## PROFILS DE TEMPÉRATURE



## BILAN ENTHALPIQUE



## TRANSFERT THERMIQUE À LA PAROI

Coefficient global de transfert thermique :

$$h_g = \frac{q}{A(\Delta T)_{ml}}$$

Sens  
d'écoulement  
des fluides

Débit de  
fluide  
caloporteur

Géométrie  
de  
l'échangeur

# Supports disponibles (Arche)

- ÉNONCÉS

Consignes de sécurité propres à ce TP :

- Ne pas toucher le compresseur en fonctionnement pour éviter les risques de brûlure.

Pré-requis :

- Module de Thermodynamique appliquée, cours Bases I et II, Machines thermiques, Équilibres liquide-vapeur de mélanges binaires, ENSAIA, 1<sup>re</sup> année IA.

- Module de Conservation des aliments, cours Conservation par le froid, ENSAIA, 1<sup>re</sup> année IA.

- DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES
- DOCUMENTS RELATIFS À L'ORGANISATION DES TP  
(DATES, GROUPES, CONSIGNES...)
- CONSEILS POUR LA REDACTION, NORMES TYPOGRAPHIQUES  
ET DU SYSTÈME INTERNATIONAL

# Consignes

- **Les séances de TP sont obligatoires.** Toute absence non justifiée équivaut à 0 au TP manqué.
- Les séances commencent à 8 h 30 le matin ou 14 h l'après-midi et durent 3h30.
- Un retard supérieur à 30 minutes impliquera un refus de l'accès à la salle de TP. Le TP alors manqué devra être rattrapé, sinon compté comme absence.
- Tous les retards, y compris  $< 30$  min seront notés et comptabilisés dans l'évaluation de l'étudiant.
- Il est interdit de manger ou de boire dans les salles de TP (pas de chewing-gum...).
- **Le port de la blouse est obligatoire, merci d'apporter votre blouse individuelle.**
- Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de **porter des chaussures fermées et des vêtements longs, ainsi que de s'attacher les cheveux. Un manquement à cette consigne pourra entraîner un refus d'accès à la salle.** Le TP alors manqué devra être rattrapé, sinon compté comme absence.
- Une personne au moins doit toujours se trouver devant un pilote en fonctionnement.
- En cas de problèmes graves sur un pilote, utiliser immédiatement les boutons d'arrêt d'urgence situés à proximité.
- En cas de déclenchement de l'alarme incendie, mettre le pilote hors tension en utilisant le bouton d'arrêt d'urgence, rassembler ses effets personnels et se diriger vers le point de rassemblement en prenant la sortie indiquée par l'enseignant qui anime votre TP.

# Evaluation

---

La note globale du module sera calculée comme suit :

- Oral en début de séance : 1/4.
- Tableau Excel : 1/4.
- Examen écrit : 2/4.

# Présentations orales

---

Lors de chaque séance à partir de la 2<sup>e</sup> séance, **un membre du sous-groupe choisi au hasard par l'enseignant·e animant le TP** devra présenter en **10-15 min au total** le principe du TP (contexte, objectifs, moyens mis en œuvre (montage expérimental), bases théoriques utilisées, expériences réalisées) et les résultats attendus (calculs, interprétations...).

**/!\ Pas de support de présentation autorisé.**

Remarque : énoncé et notes de préparation autorisés.

# Evaluation : fichier de calcul

- Les fichiers de calculs sont à envoyer par e-mail à l'enseignant·e ayant encadré le TP au maximum **dans les 7 jours** (week-end inclus, vacances et jours fériés inclus) suivant la date du TP ; des délais supplémentaires peuvent être accordés par dérogation argumentée et prévenu suffisamment en avance. Tout retard non justifié est **pénalisé de 1 point par jour de retard**.
- Vous veillerez à respecter les consignes suivantes dans la présentation de votre Excel, qui se doit d'être professionnelle :
  - ✓ Classeur et feuilles structurées et nommées.
  - ✓ Cellules automatisées (appels de cellules et formules, pas de chiffres directement)
  - ✓ Bien découpler les étapes de calculs pour la compréhension et l'automatisation.
  - ✓ De façon synthétique, inclure les méthodes et discussion (comptent dans la note). Inclure des visualisations graphiques pour mettre en évidence les conclusions (ex. comparaison de conditions opératoires).

On insistera particulièrement sur l'interprétation et la discussion des résultats ainsi que sur la qualité des tableaux (noms aux colonnes, unités...) et graphiques (axes correctement annotés, lisibilité), et le respect des normes typographiques scientifiques.

## Nouveauté : projet pro Val-EAU

Mesurer / estimer pendant le TP la quantité d'eau perdue et la reporter dans l'excel en ligne commun (lien sur Arche). Attention à ne pas se tromper d'Excel, seul celui en ligne comptera dans le barème d'évaluation.

# Fiche synthèse et examen

---

A l'issue de l'ensemble des séances de TP, un examen écrit de 1h30 est planifié. Vous travaillerez sur 5 des 6 TP réalisés.

Des fiches synthétiques individuelles vierges seront distribuées en début de chaque séance. Ces fiches ne sont pas évaluées, mais il sera recommandé de les remplir avec attention tout au long du TP afin de disposer d'un document de synthèse pour les révisions. **Ces fiches seront les seuls documents autorisés pendant l'examen, 1 recto / TP.**

Il est de votre responsabilité de les remplir sur tous les éléments pouvant être demandés à l'examen (applications industrielles, méthodologie, stratégie scientifique, application numérique d'une partie du TP, tracés de graphiques, formules principales et grands principes...).

*Conseil : une fiche trop remplie est contre productif, l'examen est rapide et ne laisse pas le temps de chercher.*

# Questions ?

RAPPEL DU DRESS CODE :



# Dates et sous-groupes

## GROUPE 1

|                     |             | Sous-groupes                      |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | Dates limite de remise des rapports de TP |
|---------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| Date                | Horaire     | 1                                 | 2                                 | 3                                 | 4                                 | 5                                 | 6                                 |                                           |
| Vendredi 03/04/2026 | 8h30 - 12h  | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | 10/04/2025 23h59                          |
| Mercredi 08/04/2026 | 8h30 - 12h  | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | 15/04/2025 23h59                          |
| Mardi 14/04/2026    | 14h - 17h30 | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | 21/04/2025 23h59                          |
| Jeudi 30/04/2026    | 8h30 - 12h  | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | 07/05/2025 23h59                          |
| Lundi 04/05/2026    | 14h - 17h30 | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | 11/05/2025 23h59                          |
| Lundi 18/05/2026    | 14h - 17h30 | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | 25/05/2025 23h59                          |

| Sous-groupe 1 |           | Sous-groupe 2 |          | Sous-groupe 3 |        | Sous-groupe 4 |        | Sous-groupe 5 |          | Sous-groupe 6 |        |
|---------------|-----------|---------------|----------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|----------|---------------|--------|
| AZZOUZI       | Maïssa    | BARJONET      | Mathilde | BORY--NADAL   | Emma   | SAGRANDI      | Emma   | BRUNELLE      | Alice    | CARON         | Lilou  |
| BOON          | Xiao Qian | BOUCQUEMONT   | Antoine  | BRETON        | Solène | CESARI        | Dana   | COURTAUD      | Lucile   | ALOUANE       | Célia  |
| AUDRAIN-DEMEY | Elise     | BALCOU        | Daphné   | BERTHON       | Clara  | BIANQUIS      | Axelle | BIECKERT      | Erin     | BORGIO        | Matheo |
| CHARPENTIER   | Alizée    | DANGUY        | Solène   | CIMBERT       | Solène | DE WARREN     | Léomée | COUET         | Valentin | DEGIEUX       | Ethan  |
|               |           |               |          | ANDRE         | Corie  |               |        |               |          |               |        |

# Dates et sous-groupes

## GRUPE 2

|                     |             | Sous-groupes                      |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | Dates limite de remise des rapports de TP |
|---------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| Date                | Horaire     | 1                                 | 2                                 | 3                                 | 4                                 | 5                                 | 6                                 |                                           |
| Lundi 30/03/2026    | 14h - 17h30 | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | 06/04/2025 23h59                          |
| Vendredi 10/04/2026 | 8h30 - 12h  | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | 17/04/2025 23h59                          |
| Jeudi 16/04/2026    | 8h30 - 12h  | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | 23/04/2025 23h59                          |
| Mercredi 06/05/2026 | 8h30 - 12h  | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | 13/05/2025 23h59                          |
| Lundi 11/05/2026    | 14h - 17h30 | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | Distribution des temps de séjour  | 18/05/2025 23h59                          |
| Jeudi 21/05/2026    | 8h30 - 12h  | Distribution des temps de séjour  | Humidification d'air              | Prod. frigorifique et congélation | Transfert d'oxygène kLa           | Transfert thermique               | Perte de charge                   | 28/05/2025 23h59                          |

| Sous-groupe 1 |          | Sous-groupe 2 |          | Sous-groupe 3 |               | Sous-groupe 4 |          | Sous-groupe 5 |        | Sous-groupe 6 |          |
|---------------|----------|---------------|----------|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|--------|---------------|----------|
| DELABAERE     | Laura    | DELATTRE      | Nathan   | DIEULOT       | Grégoire      | DI MISCIO     | Lisa     | FAGES         | Saona  | DUPRÉ         | Corentin |
| FAY           | Célia    | GBADAMASSI    | Machiath | ET TAIB       | Chaïma        | GARDIOLE      | Norah    | JELLAB        | Axelle | GAUCHEROT     | Clara    |
| GRAY          | Juliette | JEAN          | Noémie   | JAMES         | Elodie        | LALOUS        | Lysianna | LOAEC         | Mélina | HAON--FUGUET  | Nathan   |
| GUIBERT       | Héloïse  | LAMOTHE       | Pierre   | KOUAME        | Dorcas Akissi | LITZLER       | Céline   | MAHIETTE      | Leane  | LEFEBVRE      | Agathe   |
|               |          |               |          | LEROY         | Pierre        |               |          |               |        |               |          |

# Dates et sous-groupes

## GROUPE 3

|                        |             | Sous-groupes                         |          |                                      |          |                                      |          |                                      |        |                                      |         |                                      |                   |                                                    |
|------------------------|-------------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------|
| Date                   | Horaire     | 1                                    |          | 2                                    |          | 3                                    |          | 4                                    |        | 5                                    |         | 6                                    |                   | Dates limite<br>de remise<br>des rapports<br>de TP |
| Jeudi<br>02/04/2026    | 8h30 - 12h  | Perte de charge                      |          | Distribution des<br>temps de séjour  |          | Humidification d'air                 |          | Prod. frigorifique et<br>congélation |        | Transfert d'oxygène<br>kLa           |         | Transfert thermique                  |                   |                                                    |
| Jeudi<br>09/04/2026    | 8h30 - 12h  | Transfert thermique                  |          | Perte de charge                      |          | Distribution des<br>temps de séjour  |          | Humidification d'air                 |        | Prod. frigorifique et<br>congélation |         | Transfert d'oxygène<br>kLa           |                   |                                                    |
| Vendredi<br>17/04/2026 | 14h - 17h30 | Transfert d'oxygène<br>kLa           |          | Transfert thermique                  |          | Perte de charge                      |          | Distribution des<br>temps de séjour  |        | Humidification d'air                 |         | Prod. frigorifique et<br>congélation |                   |                                                    |
| Mardi<br>28/04/2026    | 14h - 17h30 | Prod. frigorifique et<br>congélation |          | Transfert d'oxygène<br>kLa           |          | Transfert thermique                  |          | Perte de charge                      |        | Distribution des<br>temps de séjour  |         | Humidification d'air                 |                   |                                                    |
| Mercredi<br>13/05/2026 | 8h30 - 12h  | Humidification d'air                 |          | Prod. frigorifique et<br>congélation |          | Transfert d'oxygène<br>kLa           |          | Transfert thermique                  |        | Perte de charge                      |         | Distribution des<br>temps de séjour  |                   |                                                    |
| Vendredi<br>22/05/2026 | 14h - 17h30 | Distribution des<br>temps de séjour  |          | Humidification d'air                 |          | Prod. frigorifique et<br>congélation |          | Transfert d'oxygène<br>kLa           |        | Transfert thermique                  |         | Perte de charge                      |                   |                                                    |
|                        |             |                                      |          |                                      |          |                                      |          |                                      |        |                                      |         |                                      |                   |                                                    |
|                        |             | Sous-groupe 1                        |          | Sous-groupe 2                        |          | Sous-groupe 3                        |          | Sous-groupe 4                        |        | Sous-groupe 5                        |         | Sous-groupe 6                        |                   |                                                    |
|                        |             | MARECHAL                             | Romane   | CAPRICORNE                           | Yali     | MARTIN                               | Lou-Ann  | MAZARGUIL                            | Erwan  | MATHIEU                              | Jade    | MAUSSION                             | Gabriel           |                                                    |
|                        |             | TRAMIER                              | Mathilde | MARCHAND                             | Elea     | MATRICON                             | Eanna    | SAHNOUNE                             | Mounir | MEDJIDI<br>SANCHEZ                   | Selena  | MIR                                  | Lucie             |                                                    |
|                        |             | TERNISIEN-<br>LABARTHE               | Juline   | PETION                               | Théodore | RAMAYE                               | Juliette | SOULABAIL                            | Arthur | SHUM<br>CHEONG<br>SING               | Lucie   | RICHÉ                                | Pierre-<br>Arthur |                                                    |
|                        |             | VERON<br>ROUSSON                     | Lydy     | WOLF                                 | Helena   | RASOLOARIS<br>ON                     | Coralie  | VAN DAMME                            | Diane  | VIGNON                               | Carelle | VITTI                                | Célia             |                                                    |
|                        |             | WANG                                 | Elodie   | YAMOUR                               | Yasser   |                                      |          |                                      |        |                                      |         |                                      |                   |                                                    |