

B8-04 – TRANSFERTS DE CHALEUR ET DE MASSE

ETUDES DE CAS DE COUPLAGE

PROJET DE TRAVAUX PRATIQUES

Sophie Didierjean

Alexandre Labergue

Gilles Pernot

De quoi vais-je vous parler ?

❑ Présentation des projets de TP de transfert thermique

- ❖ 3 thèmes proposés
- ❖ « Comment allez-vous être évalués »

❑ Comment faire une présentation scientifique ou technique

- ❖ Les règles d'or
- ❖ Quelques conseils qu'il vaut mieux suivre
- ❖ La démonstration par l'exemple

PARTIE 1

PRÉSENTATION DES THÈMES

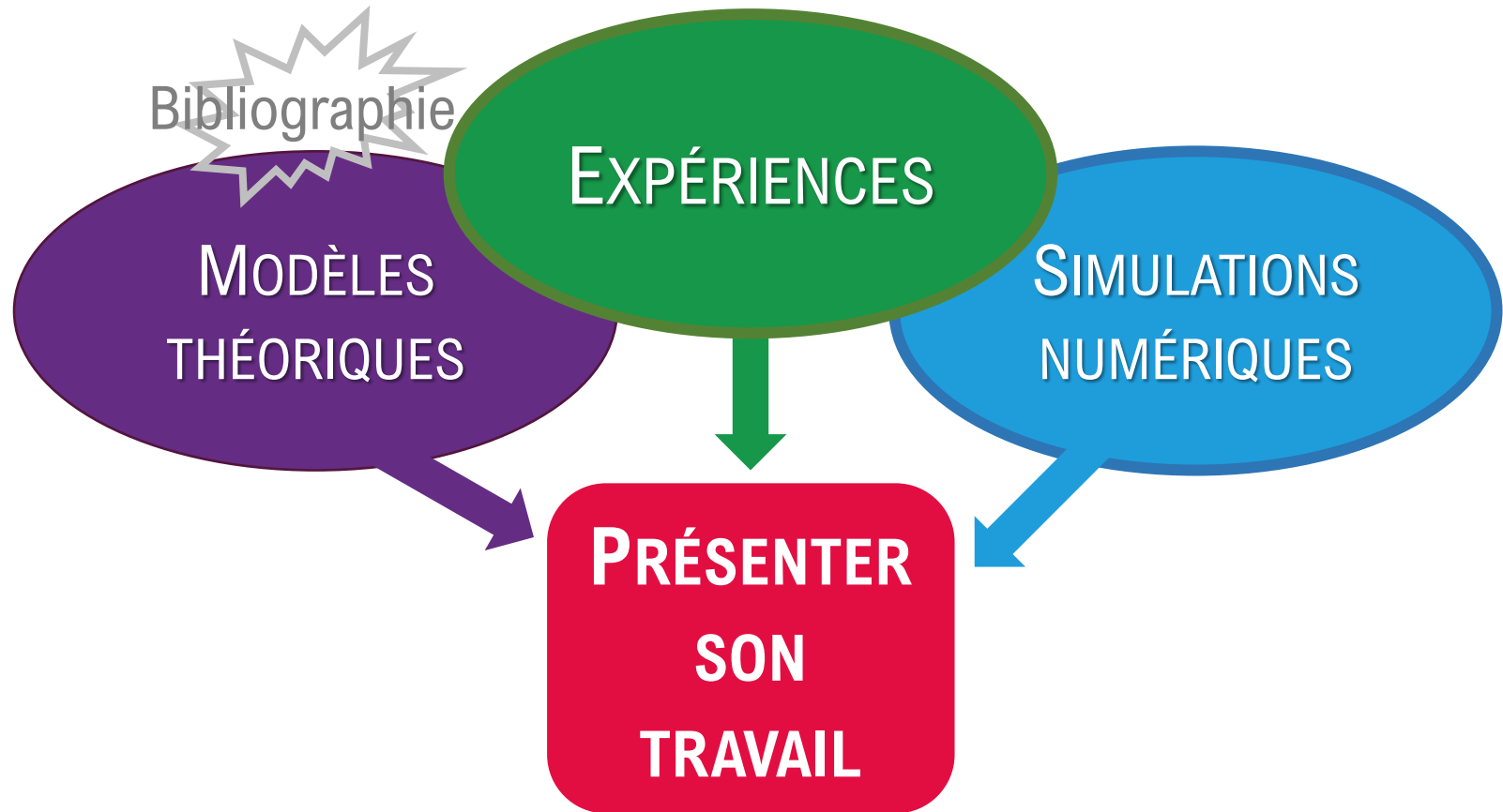
Transfert de chaleur et de matière

☐ **Un choix parmi 3 thèmes**

☐ Un dénominateur commun

 **Transferts thermiques en régime transitoire**

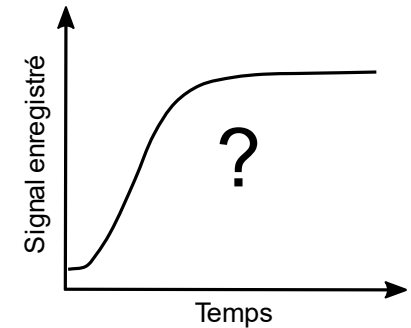
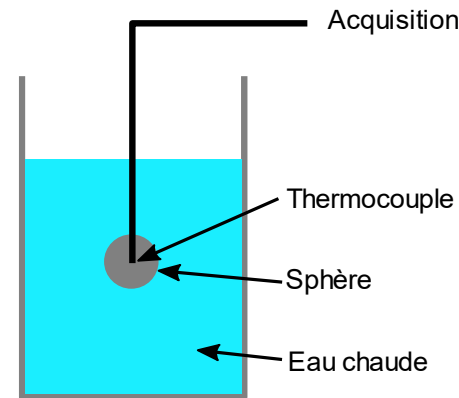
Utiliser tous les outils de l'ingénieur



Mesure de coefficients thermophysiques dans des sphères

❑ Expériences

- ❖ Chauffage dans l'eau
Refroidissement dans l'air
- ❖ Sphères en Cu et plexiglas



❑ Théorie

- ❖ Equation de la chaleur en symétrie sphérique

❑ Simulations – méthode des éléments finis

- ❖ FlexPDE (ou autre)

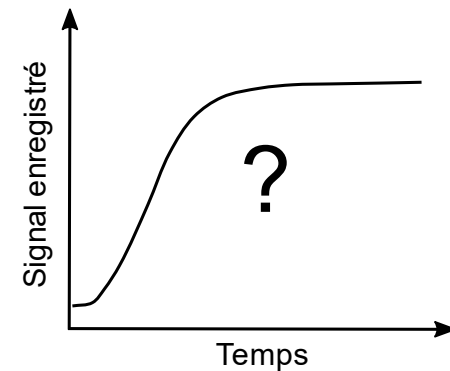
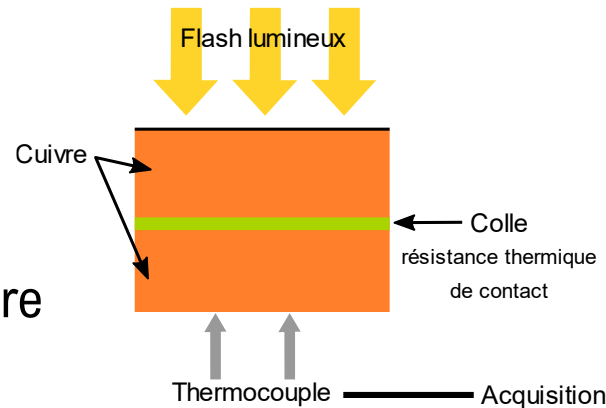
❑ Exploitation expérience / théorie / simulations

- ❖ Coefficients thermophysiques mesurés
- ❖ Codes à réaliser avec Matlab ou Python

Mesure de résistance thermique d'interface par la méthode Flash

❑ Expérience

- ❖ Bicouche Cu/Cu
- ❖ Méthode Flash face arrière



❑ Théorie

- ❖ Méthode des quadripôles thermiques

❑ Simulations – méthode des éléments finis

- ❖ FlexPDE (ou autre)

❑ Exploitation expérience / théorie / simulations

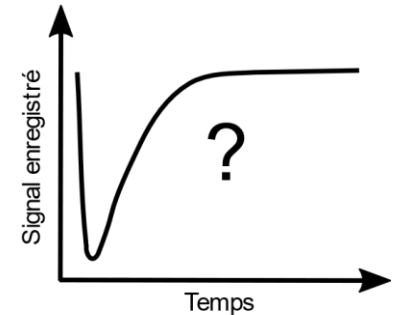
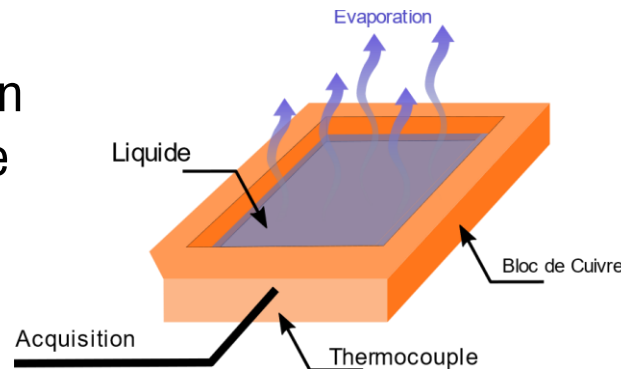
- ❖ Résistance thermique d'interface
- ❖ Codes à réaliser avec Matlab ou Python

Evaporation d'un liquide – transferts couplés de chaleur et de masse

❑ Expérience

- ❖ Evaporation d'un liquide en convection forcée et naturelle

- ❖ Eau ou acétone



❑ Théorie

- ❖ Etablir les bilans d'énergie thermique et de matière

❑ Simulations

- ❖ Résolution d'EDO couplées sous Matlab ou Python

❑ Exploitation expérience / théorie / simulations

- ❖ Estimation du coefficient d'échange
- ❖ Evaluation de la masse évaporée
- ❖ Codes à réaliser avec Matlab ou Python

Déroulement des projets

☐ 3 séances de 4 heures (-30 minutes)

❖ Théorie / Expériences / Simulations / Exploitations

☐ Vous gérez votre temps comme vous le souhaitez

❖ Gérer/répartir les tâches de chacun

☐ Du travail en dehors des séances sera nécessaire

☐ Autonomie

Les encadrants sont là pour répondre à vos questions, vous guider et non pour réaliser le travail à votre place.

Evaluation des projets

❑ Evaluation du travail en séance

- ❖ Autonomie, réflexions et initiatives

❑ Présentation orale des travaux

- ❖ Présentation PowerPoint de **20 minutes**
- ❖ **I.A. Générative autorisée mais...**
- ❖ 10 minutes de questions posées par vos pairs



Une présentation scientifique est **différente** d'une présentation en communication.

PARTIE 2

COMMENT PRÉSENTER SES TRAVAUX ?

Il n'y a pas de présentation parfaite mais
il y a des **règles à respecter**

Il existe 3 types de présentations

□ Communication

- ❖ Diapos minimalistes
- ❖ Meilleur exemple: « Keynote » de Steve Jobs

□ Présentation scientifique ou technique

- ❖ S'adapter à l'audience
- ❖ Trouver le bon ratio d'information : Message ↔ Compréhension

□ Cours / enseignement

- ❖ Maximum d'informations et détails

Les 3 règles d'or

☐ Quelle AUDIENCE ?

Vous faites une présentation pour une audience. Pas pour vous !

☐ Combien de TEMPS / combien de diapos ?

Règle de base : on compte en moyenne 1 minute par diapo

☐ UNE IDÉE principale (ou message) par diapo

Ne pas surcharger avec des informations inutiles (bruit)

Organiser sa présentation

- ❑ Il n'y a pas de règle absolue
- ❑ **Organiser vos idées** : « Quelle est ma ligne directrice ? »
- ❑ Un exemple de format simple:
 - 1) Introduction – contexte de l'étude
 - 2) Méthodes
 - 3) Résultats / comparaison
 - 4) Discussion des résultats
 - 5) Conclusion

Comment faire vos diapos

☐ Utiliser un fond blanc

COULEURS et EFFETS

☐ C'est peut être votre couleur préférée, mais pensez à ceux qui regardent!

☐ Le jeu de contraste est risqué: écran, vidéoprojecteur

☐ **C'est perturbant et celui nuit à votre discours**

Comment faire vos diapos

☐ **Utiliser un fond blanc**

☐ **Ne pas surcharger les diapos** (trop de texte, trop d'images)

« Si vous n'en parlez pas, ne montrez pas »

☐ **Eviter les animations superflues**

☐ **Entre 30 minutes et 1 heure de travail sur UNE diapositive**

Une fois la diapo terminée ...

☐ Se poser les questions:

« Est-ce que ma diapositive est claire ? »

« Est-ce l'audience va comprendre mon message ? »

❖ Quoi modifier

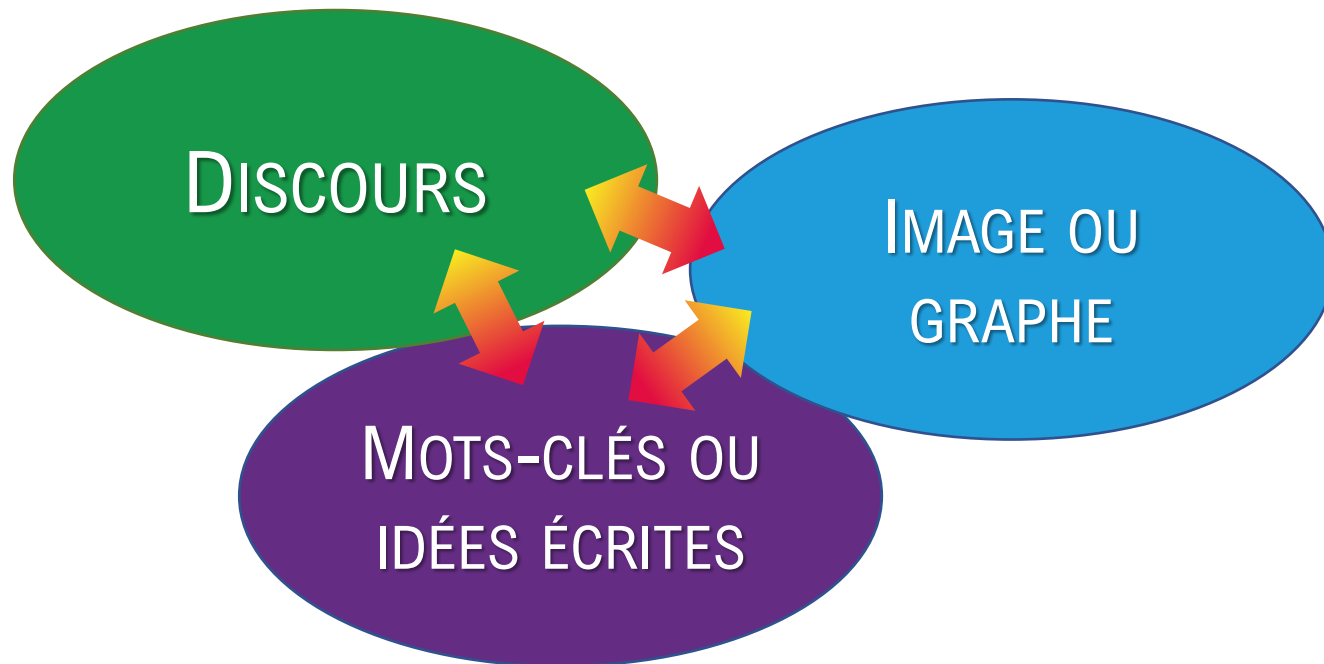
❖ Quoi retirer

❖ quoi rajouter

Utiliser la redondance

❑ 3 voies de communication

- ❖ Sensibilité de chacun
- ❖ Pertes d'attention



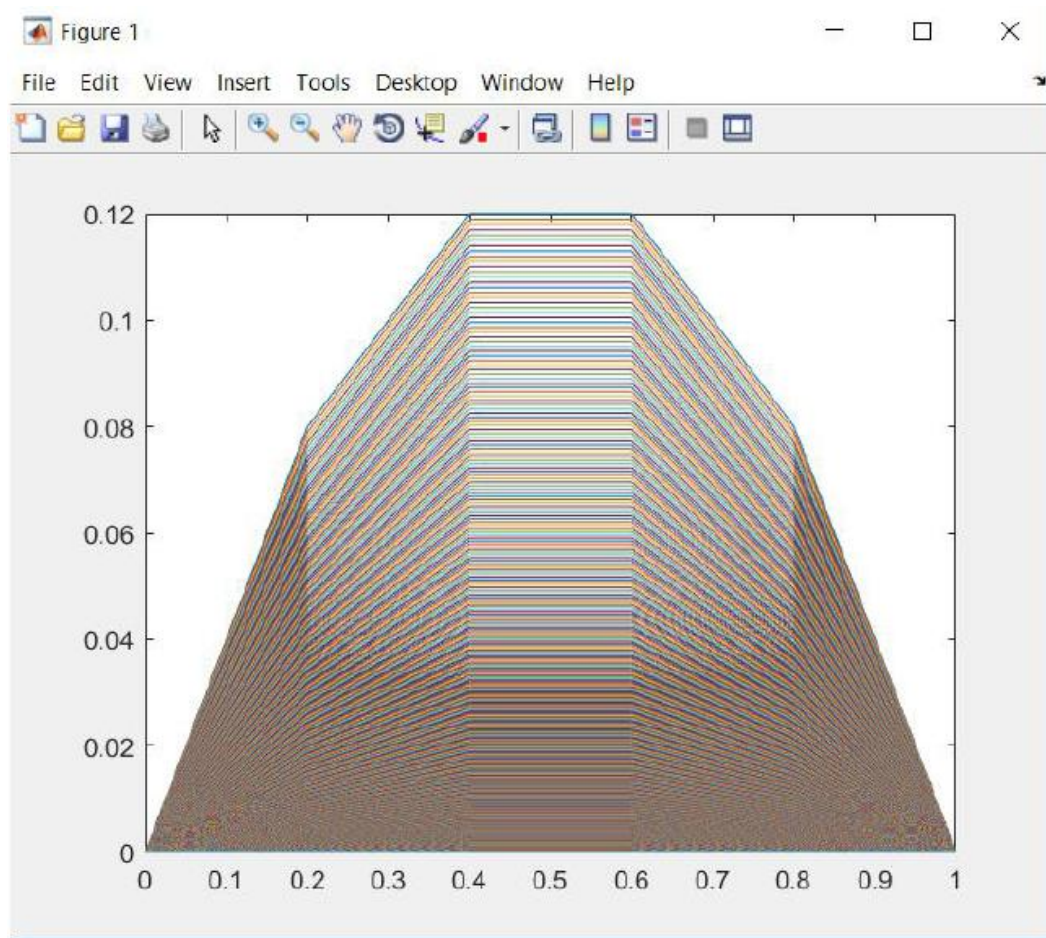
LA PREUVE PAR L'EXEMPLE:

A FAIRE ET NE PAS FAIRE

Comment NE PAS présenter un graphique



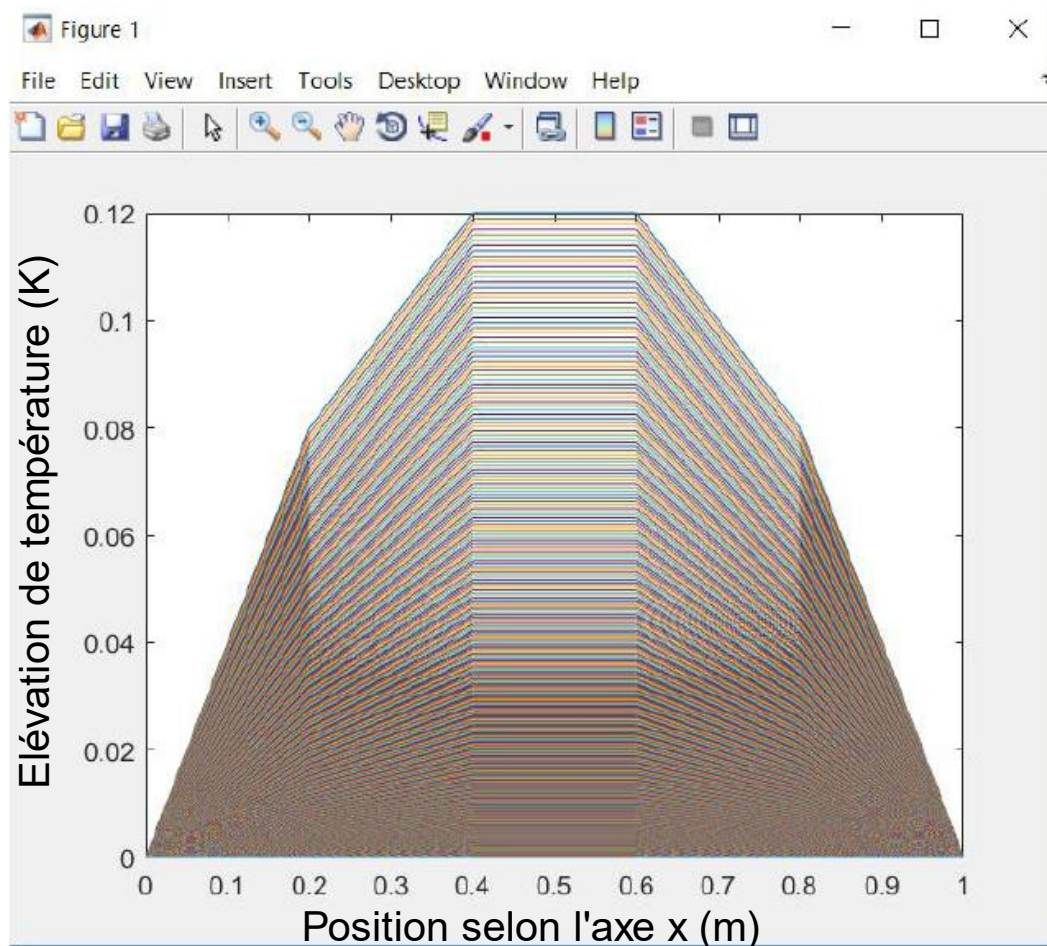
Voilà le type de graphe que l'on ne veut pas voir



(rapport 2A)

Comment présenter un graphique

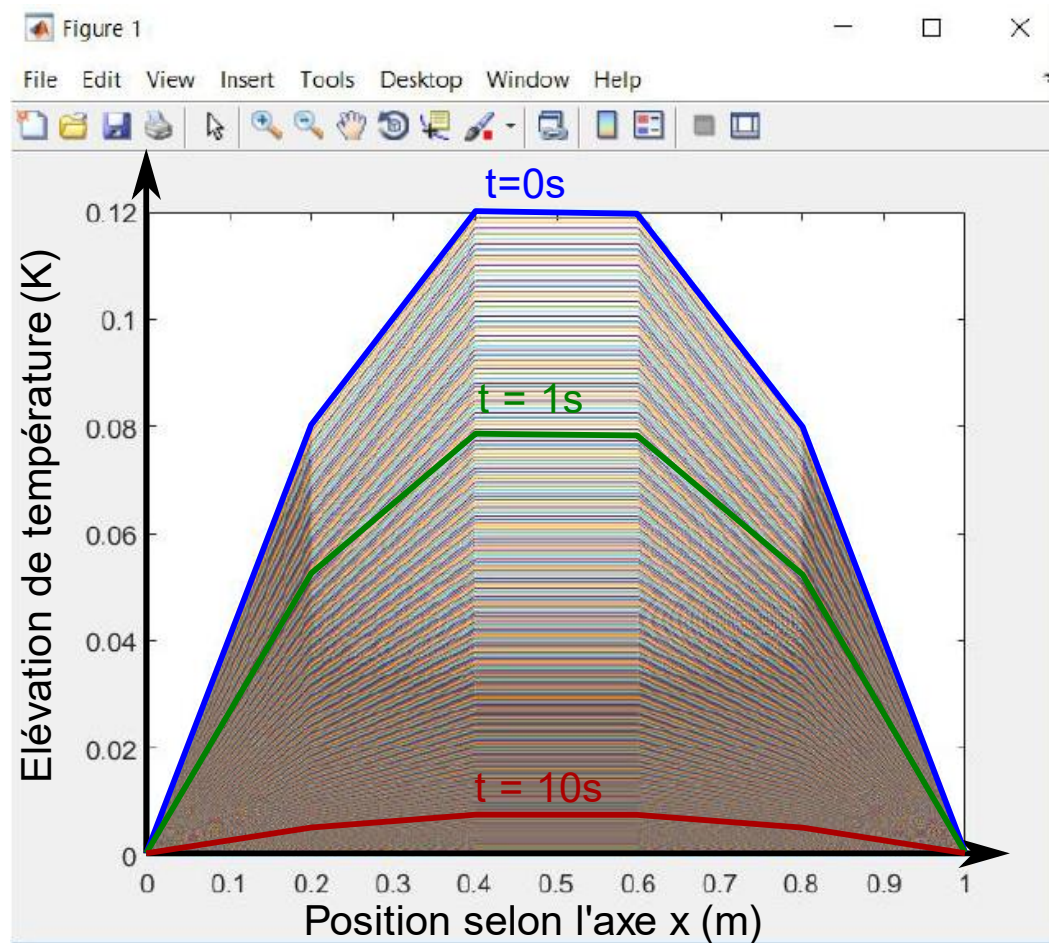
❑ LES AXES: représentatifs, clairs, lisibles, unités



❑ N'hésitez pas à grossir les chiffres et le texte sur les axes

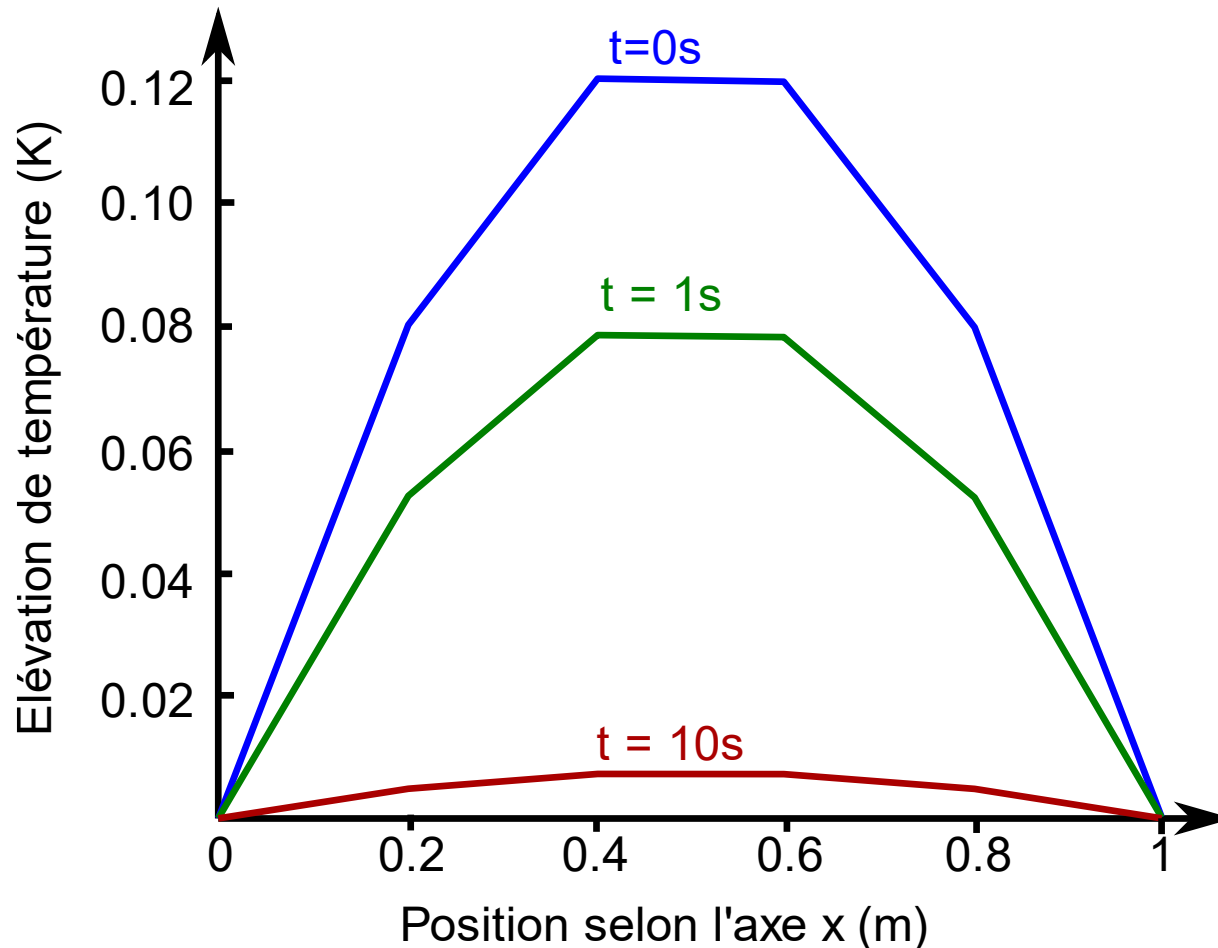
Comment présenter un graphique

- ☐ Sélectionner des données caractéristiques (message)
- ☐ Mettre une légende si plusieurs courbes



Comment présenter un graphique

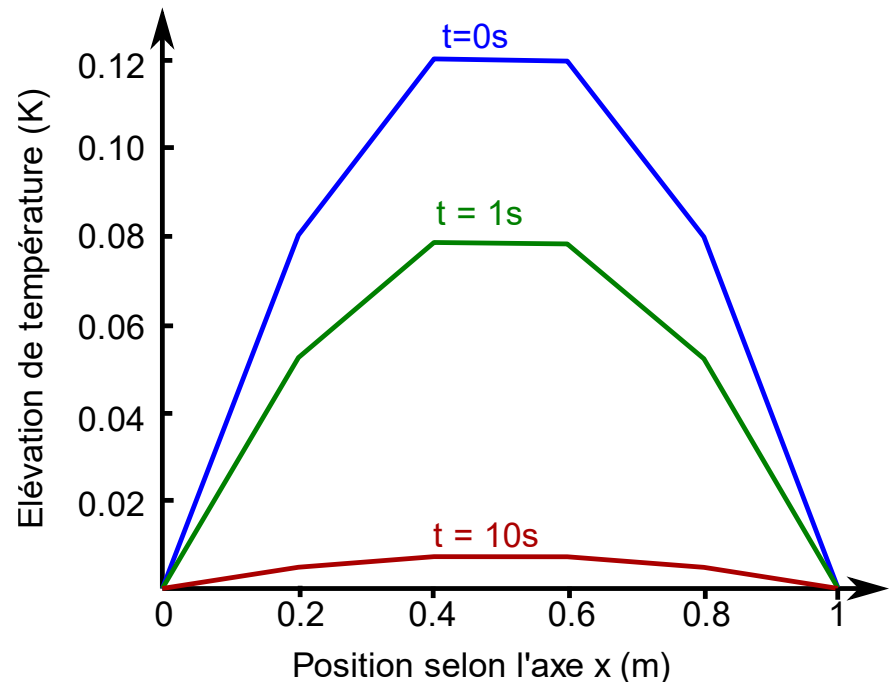
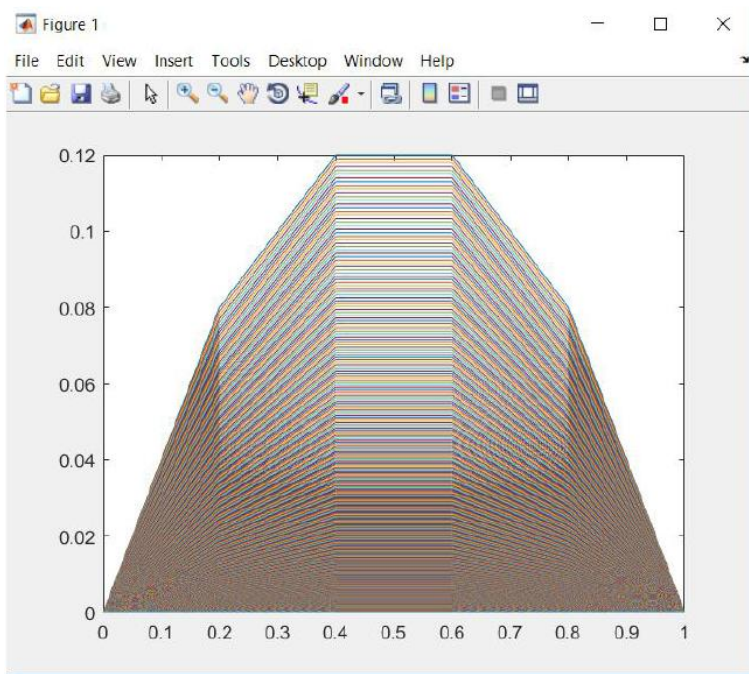
☐ Retirer les informations inutiles



☐ Traits grossis $\leftrightarrow$ meilleure lisibilité

Comment présenter un graphique

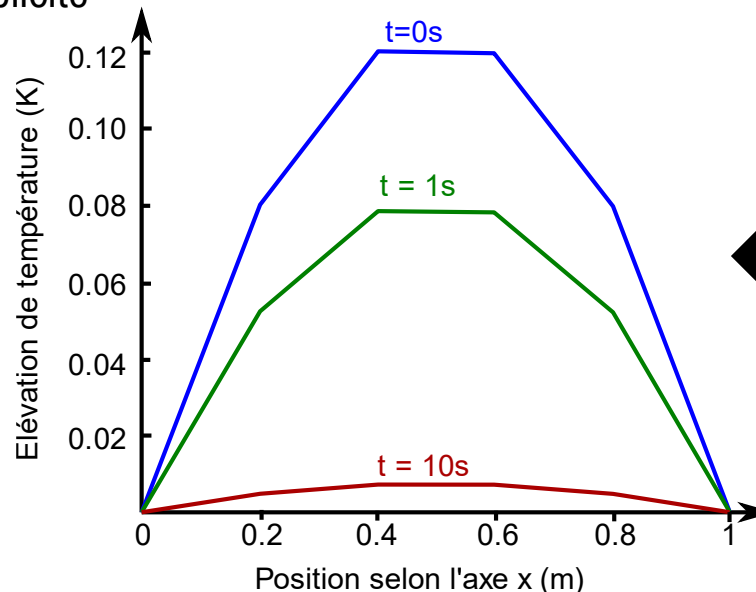
❑ Outils au choix : Matlab / Python / Excel / Inkscape / LabPlot



A quoi pourrait ressembler la diapo

Etude du schéma numérique explicite

- ❑ Evolution temporelle du champ de température calculé par la méthode explicite



- ❑ La méthode numérique est stable...
- ❑ Les phénomènes physiques sont attendus...

Titre général de ce que l'on montre

Phrase qui décrit le graphe

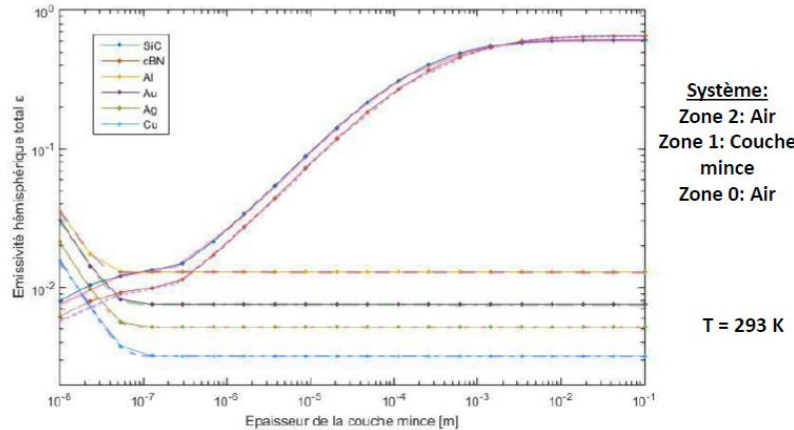
Message principal du transparent

- Résultat d'un calcul
- Expérience
- Schéma d'un montage...

Point(s) important(s) à retenir

Un autre exemple

Résultat 7



24

Interprétation du résultat 7

- On remarque comme cité précédemment une valeur de l'émissivité plus élevée pour les métaux lorsque leur épaisseur est faible et inversement pour les diélectriques.
- A partir du moment où la valeur de l'émissivité se stabilise, l'épaisseur équivalente représente une épaisseur critique, pour les diélectriques, ceci se traduit par le fait que le rayonnement thermique n'arrive pas à se propager au-delà de cette profondeur; tandis que pour les matériaux, elle représente l'épaisseur où le rayonnement thermique n'arrive plus à atteindre l'autre surface et donc les phénomènes de multi-réflexions ne surviennent pas.

25

✓ Taille du graphe dans diapo

✓ Axes

✓ Légende

✗ Trop d'informations

✗ Faible contraste entre couleurs

✗ Théorie / modèle étudié indiscernables

✗ Trop de texte ! Personne ne lira

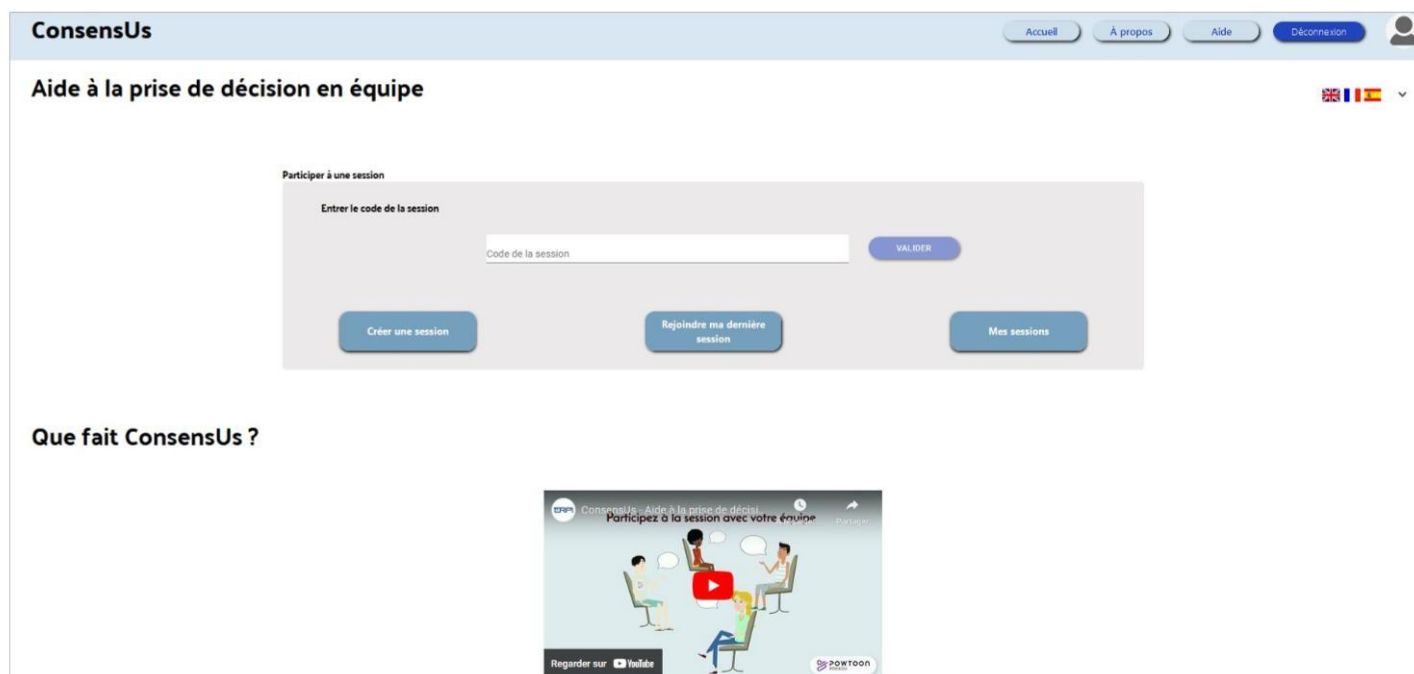
Les autres erreurs classiques à éviter

- ☐ **Ne jamais présenter les lignes de code** de calcul ou programmes
- ☐ Eviter d'utiliser des tableaux (soutenance de 3A).
- ☐ Pas de formule collée comme des images → éditeur d'équations.
- ☐ Les impressions d'écran sont bannies à partir d'aujourd'hui!

Vu dans une présentation

Présentation de l'Outil

- Une application Web
- Organiser des sessions collectives
- Plusieurs tours de négociation
- Un support à la discussion



Vu dans une présentation

Présentation de l'Outil

Récapitulatif de la session

- **On y voit rien et on s'en fout !!!**
- Organiser des sessions collect (Sauf si vous êtes en entreprise et que vous devez présenter le logiciel créé aux futurs utilisateurs)
- Plusieurs négoci
- Un support à la discussion

Objectif : maximiser ↗
Critère 3 : renouvellement
Objectif : maximiser ↗
Critère 4 : mise en oeuvre
Objectif : maximiser ↗
Critère 5 : gestion forestière
Objectif : maximiser ↗
Critère 6 : suivi résultats

Les autres erreurs classiques à éviter

- ☐ Ne jamais présenter **les lignes de code** de calcul ou programmes
- ☐ Eviter d'utiliser des tableaux (soutenance de 3A).
- ☐ Pas de formule collée comme des images → éditeur d'équations.
- ☐ Les impressions d'écran sont bannies à partir d'aujourd'hui!

Ce que je devais présenter...

INTERNE	FORCES	FAIBLESSES
	- Activité de recherche et développement de qualité reconnue nationalement et internationalement - Appui et soutien de la direction - Capacités d'investissement du laboratoire - Services d'appuis performants et structurés - Niveau scientifique et de valorisation - Qualité et diversité des équipements - Réputation en métrologie, analyse, identification de paramètres	- Besoin de ressources humaines : IE et IR - Manque de prestations et transfert - Niveau de TRL courant de 1 à 4 (peu d'études au-delà) pour les prestations externes, pas internes - Peu de brevets déposés - Relances régulières pour maintenir les suivis d'utilisation des plateaux - Actions de communication externe peu nombreuses (site internet, Plug in Lab, ...)
EXTERNE	OPPORTUNITES	MENACES
	- Reconnaissance grâce à la labellisation - Nombreux partenariats et contacts industriels - Domaine énergie demandeur de prestations et études - Appui par les tutelles et financeurs - Grands dispositifs PIA, PEPR, Equipex+, CPER, INFRA+, ORION, ICEEL CARNOT	- Positionnement sur un secteur concurrentiel - Evolution rapide des instruments et méthodes (coût associé) - Difficultés financières à prévoir pour assurer la jouvence des appareils si d'autres sources de financement ne sont pas trouvées

Comment je l'ai présenté

Forces

INTERNE

- Activité de recherche et développement de qualité reconnue nationalement et internationalement.
- Appui et soutien de la direction.
- Capacités d'investissement du laboratoire.
- Services d'appui performants et structurés.
- Niveau scientifique et valorisation.
- Qualité et diversité des équipements.
- Réputation en métrologie, analyse, identification de paramètres.



Faiblesses

INTERNE

- Besoin identifié en ressources humaines (IE et IR).
- Peu de prestations et de mises à disposition.
- Niveau de TRL courant de 1 à 4 (peu d'études au-delà) pour les prestations externes, pas internes.
- Peu de brevets déposés.
- Ressources régulières pour maintenir les savoirs d'utilisation des plateaux.
- Actions de communication externe peu nombreuses (site internet, Plug & Lab, ...).



Opportunités

EXTERNE

- Reconnaissance grâce à la labellisation.
- Nombreux partenariats et contacts industriels.
- Domaine Énergie demandeur de prestations et études.
- Appui par les tutelles et financiers.
- Grands dispositifs PIA, PEPR, Equipex+, CPER, INFRA+, ORION, ICEEL CARNOT, POLARIS



Menaces

EXTERNE

- Positionnement sur un secteur concurrentiel.
- Evolution rapide des instruments et méthodes - coût associé.
- Dégradation de la situation RH.

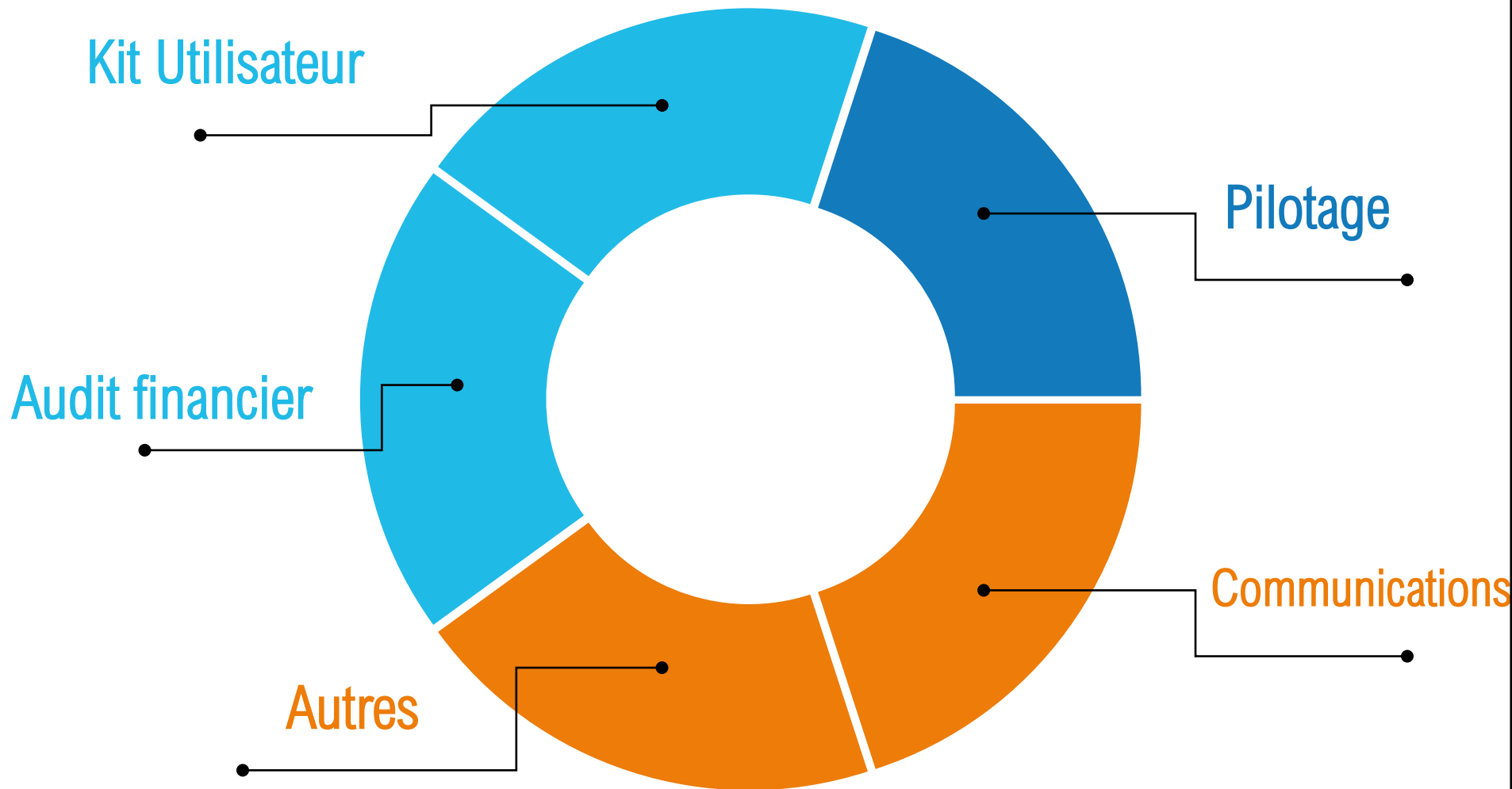


Ce que je devais présenter...

Réf. action	Type d'action	Processus associé	Constat	Analyse des causes	Responsable de l'action	Date prévisionnelle de réalisation	Action menée	Etat d'avancement	Commentaire	Date effective de réalisation
AMEL_2025_01	Amélioration	P3	Difficulté à suivre de façon synthétique les différentes saisies du kit_Qualité par les utilisateurs	Chaque plateau dispose de son propre Kit Qualité sur un serveur dédié, les saisies n'apparaissent pas dans l'EDC de Métro'NRJ.	G. Pernot	2025	Demande du resp scientifique au resp. qualité de créer un item dédié dans le processus P3 pour suivre et synthétiser les saisies faites par les différents plateaux	Terminé	Un fichier excel existe déjà.	juil.-25
AMEL_2025_02	Amélioration	P3	Les instances de pilotage faisaient intervenir les mêmes personnes. Redondance des informations. Manque d'implication de certains responsables de plateaux	Manque de clarté sur les audiences devant participer aux instances de pilotage	N. Louvet, G. Pernot		*Revue de direction apparaît comme une instance de pilotage. *Conseil scientifique: seuls les resp. scientifiques de Métro'NRJ et le resp. Qualité sont présents. Les autres membres du GT Qualité sont invités (non obligatoire). *Conseil de la Star: GT Qualité + Resp. des plateaux. Le conseil de direction est invité (non obligatoire)	Terminé		juin-25
AMEL_2025_03	Amélioration	P1	Suivi et listing prévisionnel des équipements en fin de vie pour prévoir leur remplacement		GT Qualité	2025-2026	information transmise aux responsables scientifiques et techniques des plateaux durant le conseil de la StAR	En cours	Point particulier soulevé par le conseil scientifique	début 01/07/2025 - Au fil de l'eau
RDD_2024_01	Décision RDD	P1	Nécessité d'améliorer notre utilisation du Kit utilisateur pour augmenter nos enregistrements	Manque de communication et accompagnement	GT Qualité	2025-2026	Mise en place d'un outil html donnant accès aux liens principaux nécessitant des saisies régulières (réservation, suivis échantillons et équipements)	En cours	Notamment la documentation pour les prestations, l'évaluation des fournisseurs, le suivi des échantillons, des équipements et des non-conformités	début 01/07/2025 - Au fil de l'eau
RDD_2024_02	Décision RDD	P1	Besoin de poursuivre les efforts de communication interne et externe	Pas de plan de communication établi	N. Louvet- G. Pernot - L. Buhler - C. Moine - O. Lottin	2025-2026	Nouvelle trame et organisation des pages concernant la plateforme sur le site web du laboratoire définis	En cours	Les modifications seront faites en WordPress par C. Moine et L. Buhler	début 01/06/2025 et se poursuit
RDD_2024_03	Décision RDD	P1	Plateforme non citée dans les publications et communications par les E-C	Manque de communication et accompagnement	GT Qualité	Tout au long de 2025	Point spécifiquement abordé en Revue de direction et aux Conseils Scientifique et de la Star.	En cours	Déposer les documents associés dans le système documentaire de la plateforme (M5-Valoriser). Plusieurs documents cités depuis	Au fil de l'eau
RDD_2024_04	Décision RDD	P1	Audit financier des besoins et recettes de la plateforme non réalisé	Pbe de temps RH	N. Louvet et G. Pernot Service P.A.F.	juin-25	Discussion et décision prises au cours des différentes instances de pilotage. Les demandes de financement sont à faire remonter au conseil scientifique du laboratoire (financement sur fond commun et/ou CPER)	Terminé	Une analyse des besoins financiers n'est plus à l'ordre du jour. Les demandes de financement sont à faire remonter au conseil scientifique du laboratoire (financement sur fond commun et/ou CPER)	juil.-25

Je me suis creusé la tête et...

J'ai organisé les actions en fonction des thématiques.

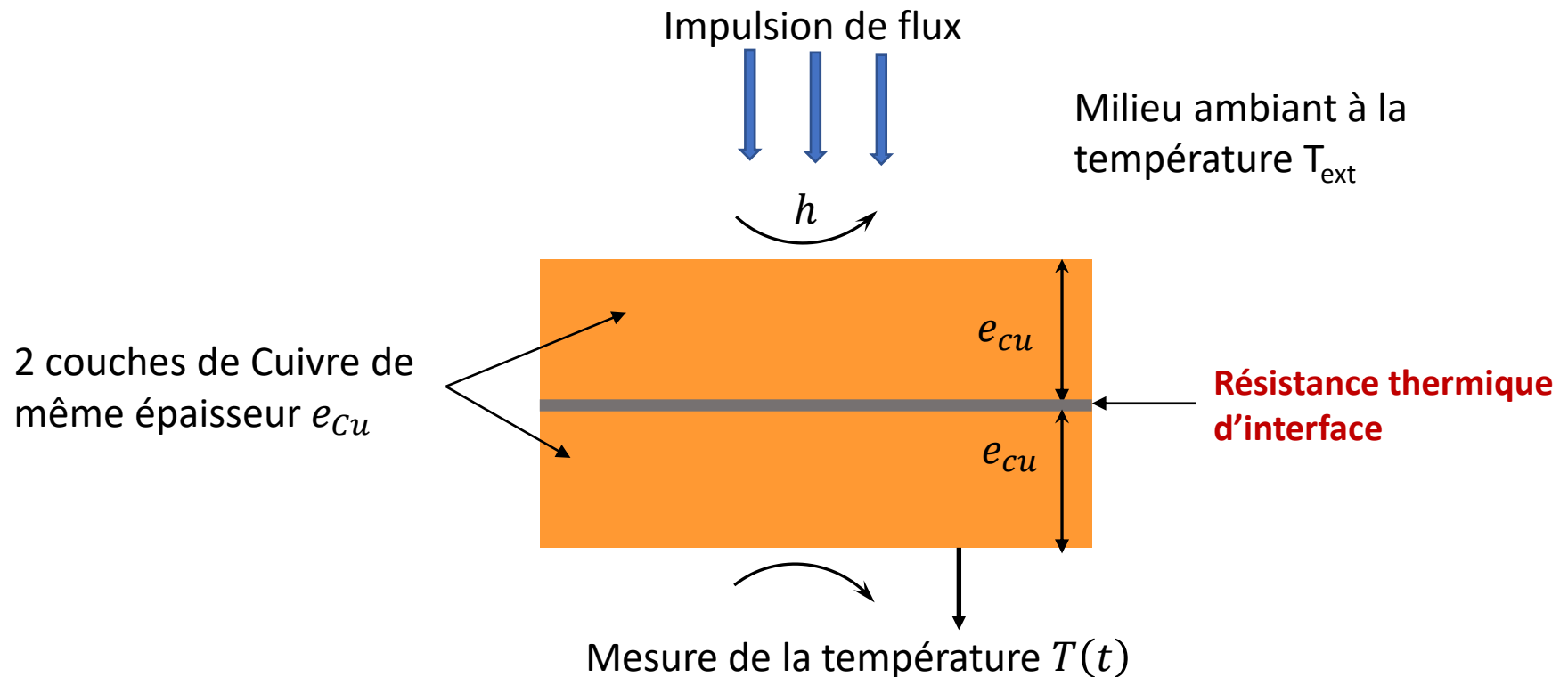


Les autres erreurs classiques à éviter

- ❑ **Ne jamais** présenter **les lignes de code** de calcul ou programmes
- ❑ Eviter d'utiliser des tableaux (soutenance de 3A).
- ❑ Pas de formule collée comme des images → éditeur d'équations.
- ❑ Les impressions d'écran sont bannies à partir d'aujourd'hui!

Un bon schéma ...

... vaut mieux qu'un long discours



QUELQUES CONSEILS SUPPLÉMENTAIRES

ET

COMMENT CONCLURE

Conseils pour gérer son stress

- ☐ Répéter (seul ou pas) à voix haute au moins 1 fois
- ☐ Connaitre par cœur le discours de la 1^{ère} diapo
- ☐ Avoir une diapo d'avance
- ☐ Avoir des notes si cela vous aide: juste les points essentiels
(ne pas écrire tout son discours)
- ☐ Les diapos sont construites pour vous aider !!
- ☐ Citer vos sources

La diapo de conclusion



Pas de diapositive vide

- ☐ **Les résultats importants et conclusions que vous avez présentés**
- ☐ **Utiliser les listes numérotées ou les listes à puce**
- ☐ **D'ouvrir sur d'éventuelles perspectives**
- ☐ **De gérer votre temps**
- ☐ **Attention aux tics de langage (éviter de dire « du coup »)**

Conclusion sur les projets

❑ 3 thèmes possibles pour les projets de transferts

⇒ **A vous de vous organiser**

❑ **Evaluation:**

❖ Séance : autonomie + travail personnel et gestion de groupe

❖ Présentation orale 20 min. + 10min. de questions: **audience + jury**

⇒ **Si ça ne nous plait pas, vous repassez !!**

Conclusion sur les présentations

☐ Vidéo(s) à voir sur YouTube:

Jean-Luc Doumont - Creating effective slides: design, construction and use in Science

☐ Il n'y a pas qu'une seule manière de faire une présentation.

☐ Pour travailler les figures (Inkscape) et les graphes (Matlab ou Python).

☐ N'hésitez à nous demander et venir nous voir avant l'oral