

LA MODÉLISATION

UN FIL CONDUCTEUR DE TRAVAUX PRATIQUES EN MODE HYBRIDE

Claire Wajeman

ENSEIGNER UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE UNE ÉTUDE DE CAS EN ÉCOLE D'INGÉNIEUR

Claire Wajeman*, Isabelle Girault*, Christian Hoffmann*,
Maelle Planche, Nadine Mandran, Cédric d'Ham*

*Laboratoire d'Informatique de Grenoble
Université Grenoble Alpes**

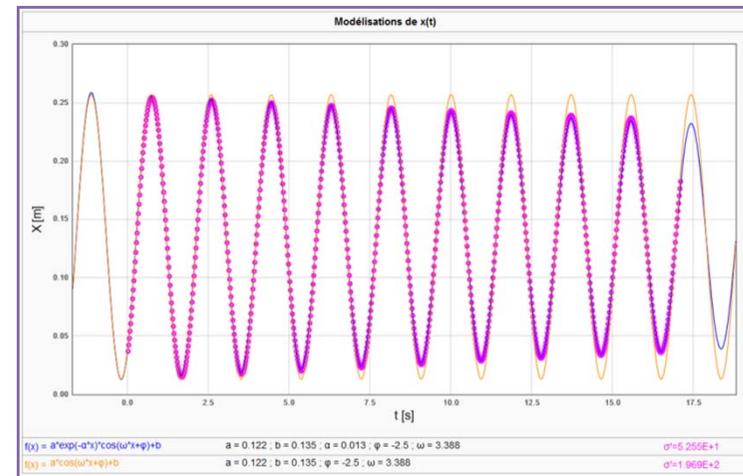
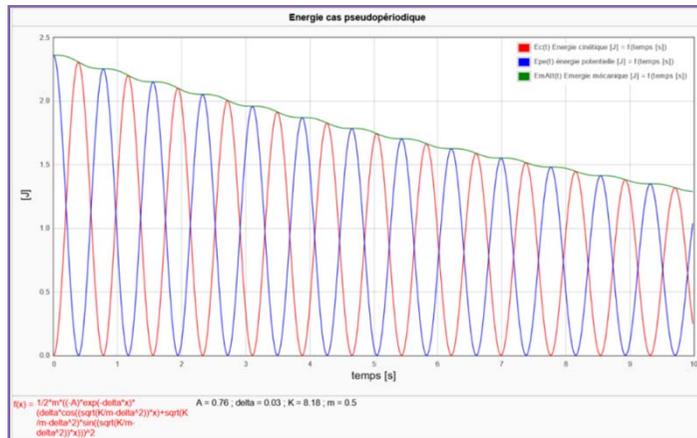
En préambule

- ❑ Des TP de physique (Licence L1 - Ecole d'ingénieur L3)
- ❑ Une plateforme en ligne LabNbook (LabNbook.fr)
 - Un **espace de travail collaboratif** pour **produire les CR de TP**
 - éditeurs de texte et de dessin
 - éditeur de **protocoles expérimentaux**,
 - outil de données avec graphes et **modélisation pédagogique**
 - Le patron de l'espace de travail des étudiants
est produit et **structuré par les enseignants**
 - avec des consignes
 - des documents à compléter
 - ...

The screenshot displays the LabNbook interface. On the left, a task list is visible under the heading '1 - Nécessité d'un amplificateur de puissance'. The tasks include 'Introduction à la mesure', 'Schéma de mesure (marquer les appareils utilisés, leurs réglages et les grandeurs physiques mesurées)', 'Résultats (mettre à jour le modèle)', and 'Description et Analyse'. Below this, under '2 - Push-pull classe B', there are tasks for 'Mesure 1 : le push-pull classe B' and 'Mesure 1 : schéma de mesures'. On the right, a 'Ressources' panel is open, showing a 'Consigne générale' section with the following text: 'Bien lire les consignes spécifiques à chaque partie. Structurer votre rapport avec pour chaque mesure :'. Below this, a list of requirements is provided: 'les objectifs de la mesure : pourquoi fait-on la mesure?', 'des attendus : hypothèse, valeur théorique prédite par le modèle utilisé', 'le comment : appareils, schéma de mesure et description courte de la mesure, puis le protocole détaillé', 'les résultats : les mesures elles-mêmes sous forme de tableau, graphique, ...', 'une description : quelle est la tendance des mesures', and 'une analyse : reboucler sur les attendus avec la connaissance des mesures'.

LA MODÉLISATION

UN FIL CONDUCTEUR DE TRAVAUX PRATIQUES EN MODE HYBRIDE



Claire Wajeman

Laboratoire d'Informatique de Grenoble
Université Grenoble Alpes

L'enseignement

- ❑ L1, semestre 2
- ❑ 4 TPs de mécanique du point matériel
- ❑ **Structure d'un TP**
 - Préparation en amont du TP : aspects théoriques
 - Manip : vidéo de mouvements de mobiles autoporteurs
 - Numérisation → données expérimentales
 - Traitement des données dans un tableur : calculs, graphes ...
 - Analyse ...
- ❑ **Objectifs des TP**
 - Montrer la **conservation de grandeurs physiques** (quantité de mouvement, énergies, moment cinétique)
 - Estimer une grandeur par diverses méthodes (raideur d'un ressort)



Constats

❑ Côté TP

Les données acquises par les étudiants ne permettent pas d'atteindre les objectifs du TP (les grandeurs ne sont pas conservées)

❑ Côté étudiants

- A quoi peut bien servir la préparation théorique ? (*c'est un TP, non ?*)
- A quoi bon des incertitudes ? (*à part s'embêter à faire des calculs*)
- **Les objectifs demandés sont atteints**
.... même si les données montrent le contraire

Comment amener les étudiants donner du sens

- aux aspects théoriques
- aux incertitudes
- aux données expérimentales
- ...



Le modèle : un fil conducteur

- ❑ Changer l'objectif des TP (# objectif de la manip): « **débugger** »
Identifier des problèmes dans la manip, l'acquisition des données, leur traitement ... & *corriger* quand on peut
- ❑ Donner sa place à la partie théorique
 - construire un modèle qui sert à quelque chose
 - Que va t'on chercher à **voir** dans les données ?
dans le but de répondre à l'objectif de la manip
 - **Voit on** dans les données **ce que l'on s'attend à voir** ?
Comment peut on l'affirmer ?
(confrontation données/modèle ... + incertitudes)
 - Qu'est-ce qui peut **expliquer que l'on ne voit pas** ce qu'on attend ?
 - problèmes numériques, erreurs de traitement, de calcul ...
 - le modèle initial est il adapté ?
 - les **hypothèses du modèle** sont elles validées ?
→ cf **conditions expérimentales** et de numérisation

Structure d'un CR de TP (mission LabNbook)

❑ Partie théorique

- Construire un modèle
- Explorer le modèle sous forme graphique
- Identifier les hypothèses → conditions expérimentales
Et si ces conditions ne sont pas remplies ?

❑ Formulaire : construire les grandeurs à étudier (données → tableur) *avec leurs incertitudes*

❑ CR de la mise en oeuvre expérimentale

- Description *attention accordée aux conditions expérimentales*
- Estimation des incertitudes des mesure

❑ Traitement des données

/ graphes / ajustement d'un modèle
manuel

❑ Analyse / interprétation

❑ Conclusion

Accompagnement en **mode hybride**

Evaluation formative

- ❑ Avant & à distance : préparation **Suivi & Réponses aux questions**
 - Construction et exploration graphique du modèle théorique
 - Formulaire : construction des grandeurs à étudier avec leur incertitude

Accès à distance

- ❑ Pendant la séance
 - « **Correction** » **ciblée & formative de la préparation**
 - traitement, modélisation, analyse ...

- ❑ Après & à distance : finalisation **Réponses aux questions**

- ❑ Evaluation finale individuelle en mode hybride
 - Une partie d'un des TP à creuser & améliorer
 - Sur 2 jours
 - à distance/présentiel **Réponses aux questions**

accompagner plus loin ...

Données & modèles

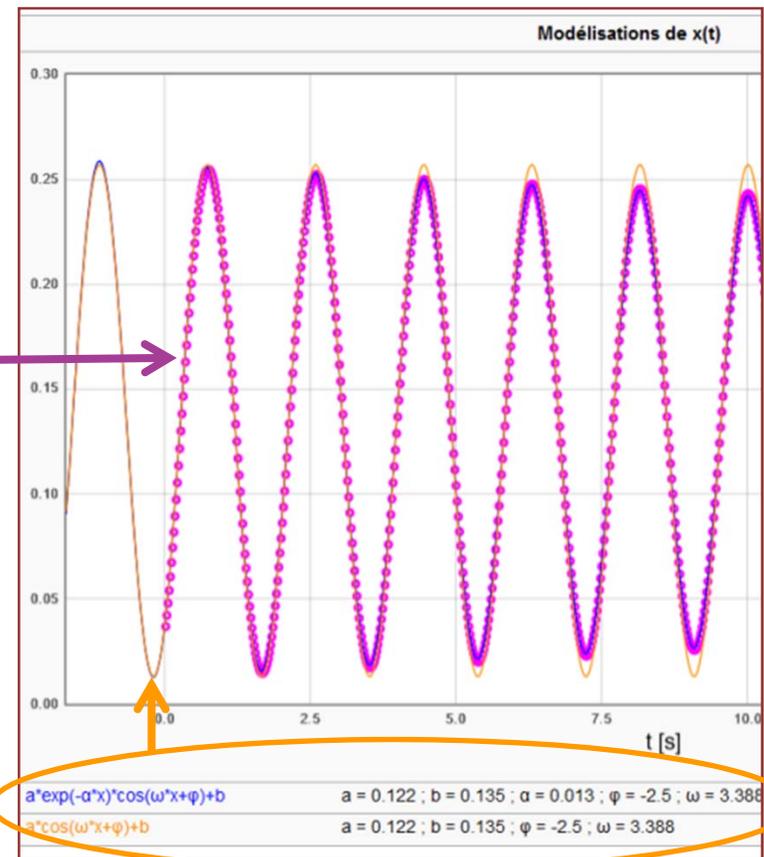
- ❑ Partie théorique : **construction d'un modèle**
- ❑ Formulaire : **construction de grandeurs à étudier avec leur incertitude** à partir de grandeurs mesurées (expérimentales)

$$V_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2\Delta t}$$

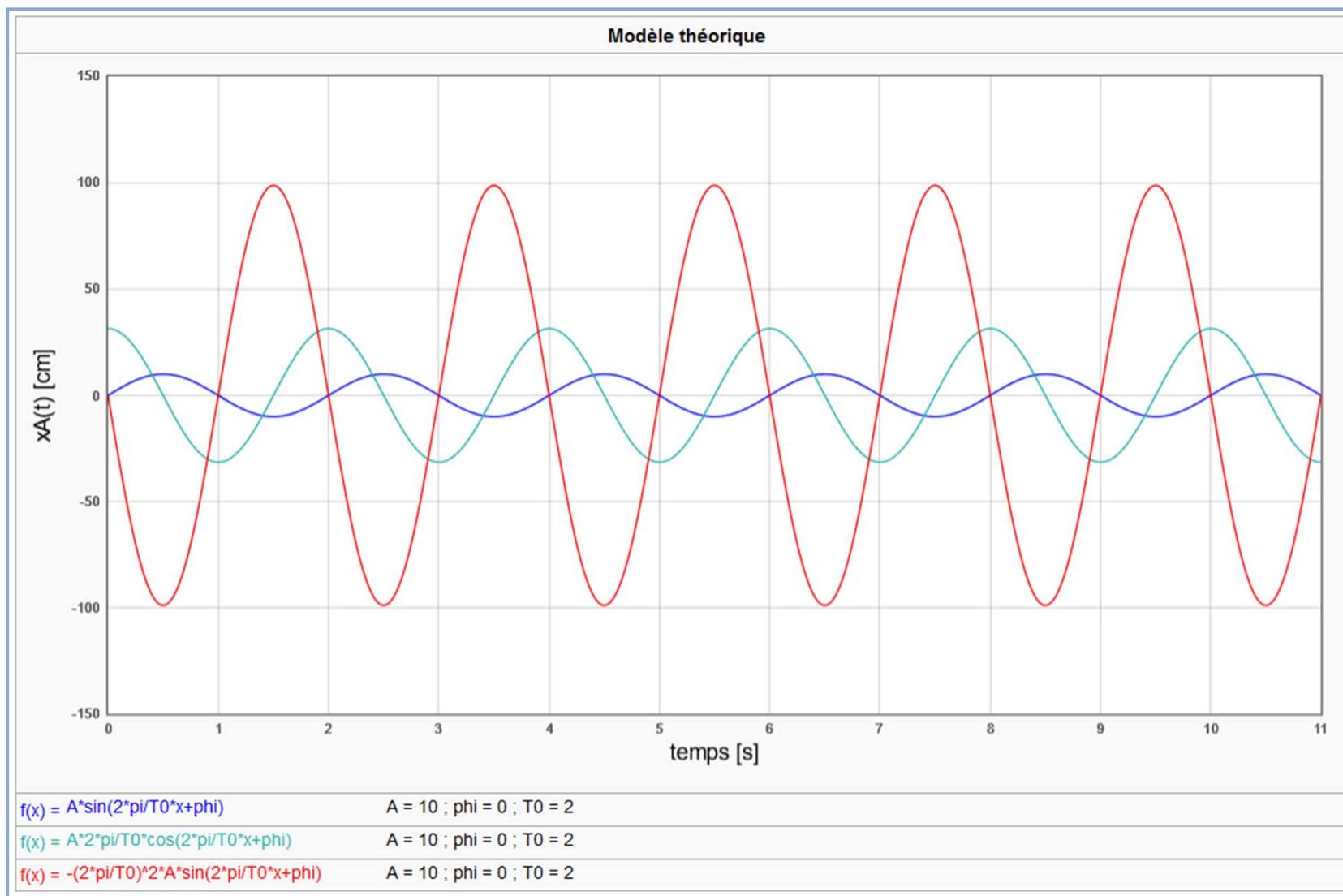
t [s]	position_x	vX [m/s]	U_vX [m/s]
		(position_x(+1)-positik	(sqrt(2)*U0)/(t(+1)-t(-'
0	0.124105186		
0.02	0.120636726	-0.187936456	0.002828427
0.04	0.116587728	-0.21494076	0.002828427

$$U(V_x) = \frac{\sqrt{U_0^2 + U_0^2}}{2\Delta t} = \frac{U_0}{\sqrt{2}\Delta t}$$

$$V_x(t) = \dot{x}(t) = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

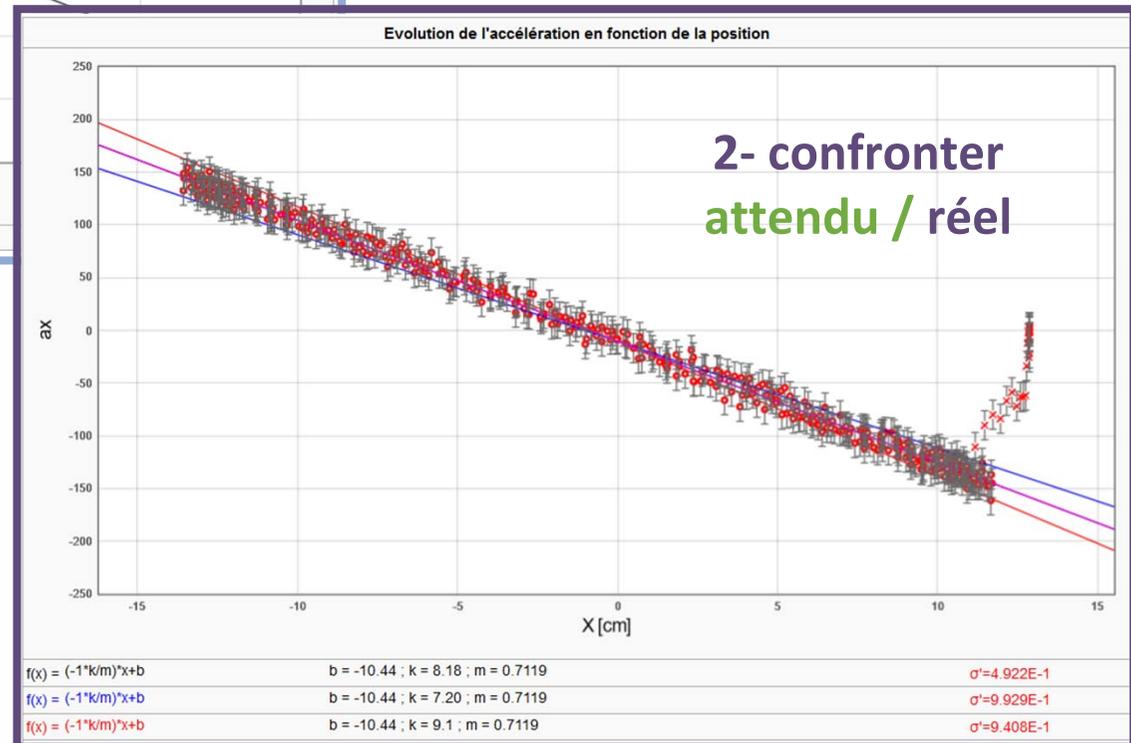
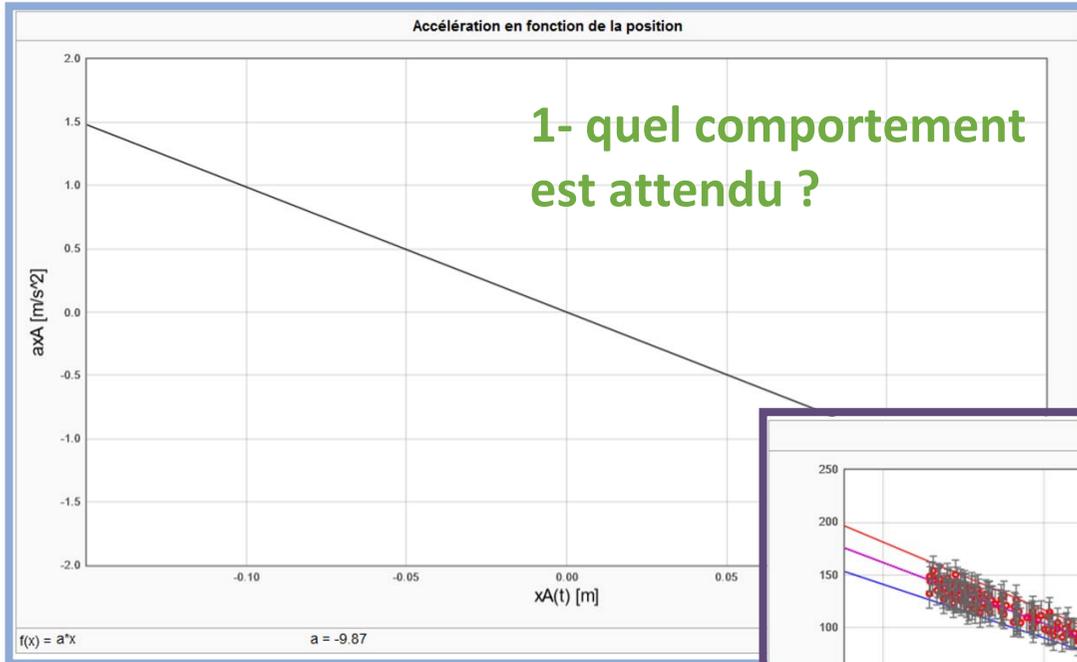


Exploration graphique de modèles

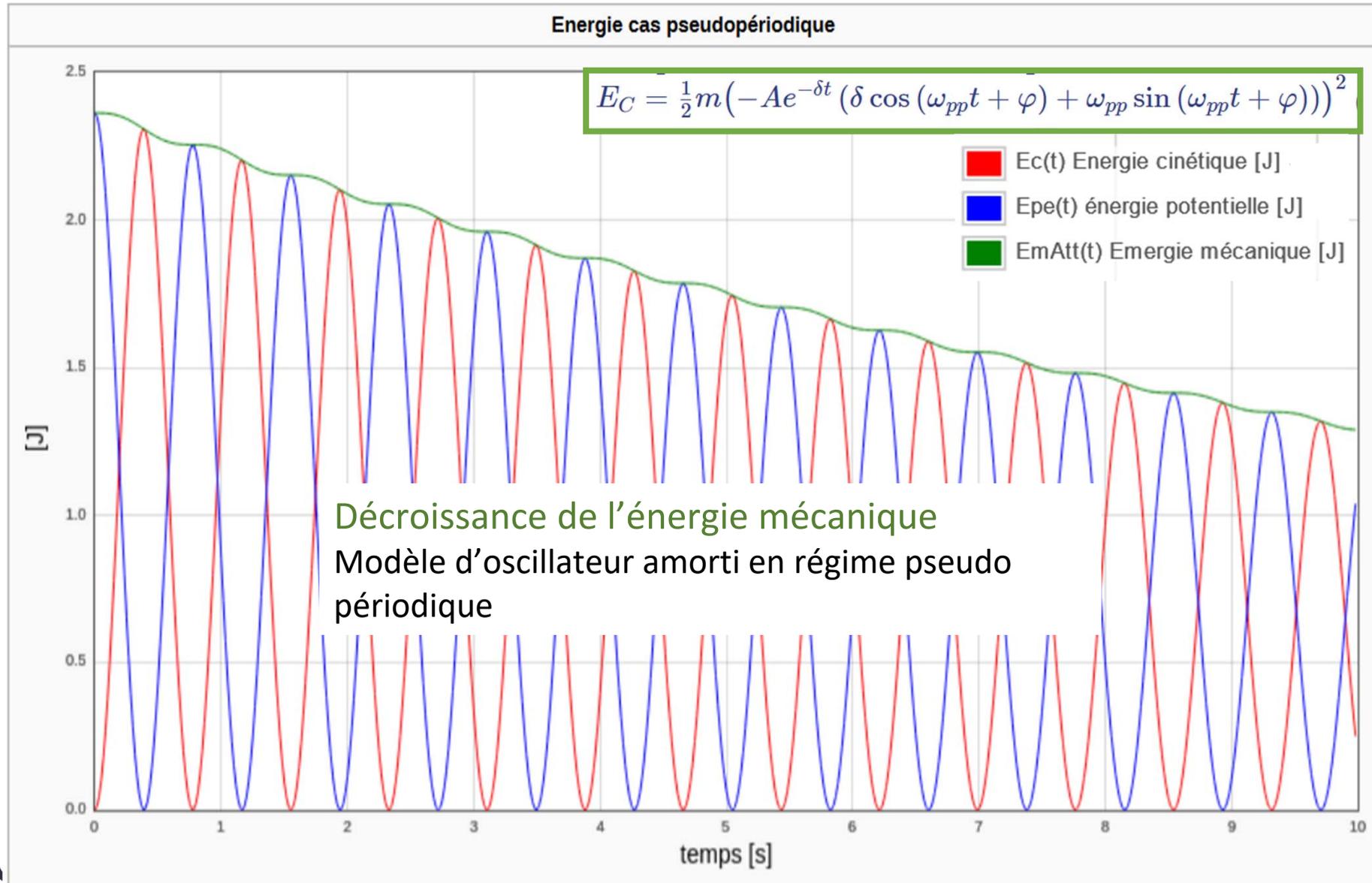


1- Explorer un modèle graphiquement

2- Ajuster le modèle aux données



Explorer des modèles (théorique)



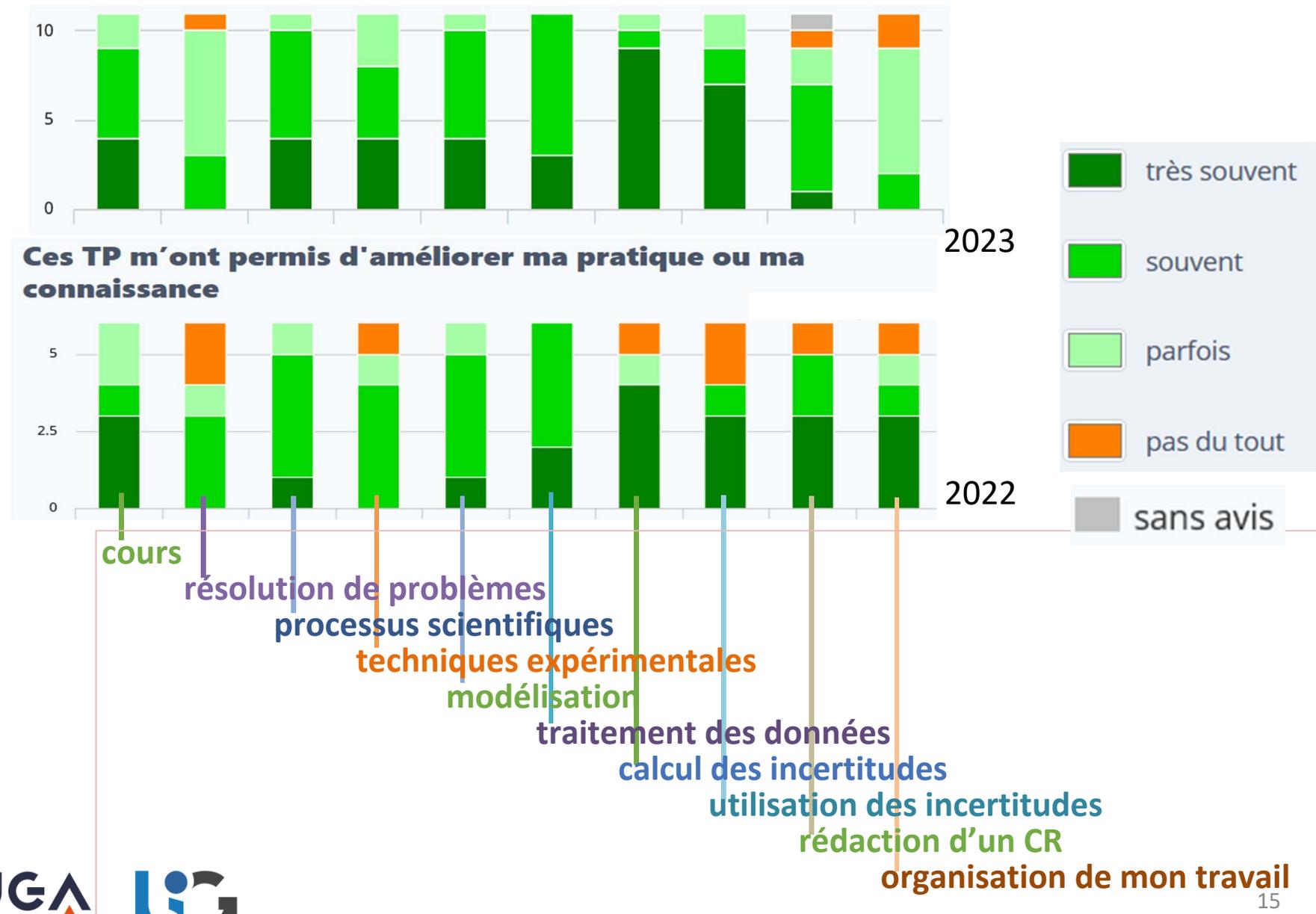
Point de vue enseignant

- ❑ Quels progrès ?
 - la partie théorique prend sa place et devient modèle
 - les conditions expérimentales sont considérées
 - les données sont examinées
 - les incertitudes sont calculées et utilisées
 - l'analyse des données devient ... argumentée
 - ...
- ❑ TP = ensemble cohérent, de la partie théorique à la conclusion
 - entrée des étudiants dans une démarche scientifique
- ❑ Processus d'amélioration continue : le mode d'évaluation encourage un travail itératif
- ❑ Evolution vers une pédagogie de plus en plus + formative
- ❑ Motivation des étudiants

Point de vue des étudiants

- ❑ **Défauts** : pas assez de manip → impression de ne pas avoir manipulé et de n'avoir fait que traiter les données (TP très axé sur le traitement des données)
- ❑ **Découvertes** *Questionnaire étudiant*
 - Réellement **préparer un modèle théorique complet**
 - **Calculer des incertitudes et s'en servir, être rigoureux**
 - **Comprendre les incertitudes**
 - Aller loin dans le traitement de données et la comparaison avec un ou plusieurs modèles.
Perfectionner le modèle à partir des **données confrontées à la théorie.**
 - Partir du principe que de toutes façons nos données seraient mauvaises et plutôt chercher à discuter de validité que chercher à retomber sur des résultats théoriques.
J'ai eu une **prise de recul** certaine quant au côté expérimental de la physique
- ❑ **Apprécié**
 - Préparer le compte rendu avant le TP afin de pouvoir mettre les choses au clair avec le prof
 - Passer du temps avec le prof pour **corriger/discuter notre travail**
- ❑ **Améliorations & Suggestions**
 - Créer soi-même une expérience pour répondre à une problématique
 - Mettre en expérience des exercices de TD pour voir réellement ce qu'il se passe
 - Approfondir l'écriture des compte-rendu
 - Discuter tous ensemble des résultats, en débattre, expliquer, etc.

Point de vue des étudiants



ENSEIGNER UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

UNE ÉTUDE DE CAS EN ÉCOLE D'INGÉNIEUR

Claire Wajeman*, Isabelle Girault*, Christian Hoffmann*,
Maëlle Planche, Nadine Mandran, Cédric d'Ham*

Laboratoire d'Informatique de Grenoble

**Université Grenoble Alpes*

Contexte

- ❑ 4 jeunes enseignants responsables de TP
 - démarche d'amélioration des TP
- ❑ Tous les TP de physique de 1^{ère} année (L3)
 - 1an - 4 UE = 19 TP - 11 sur LabNbook
- Ces enseignants construisent des patrons (templates) des comptes rendus de TP sur LabNbook
 - supports de l'activité expérimentale (protocoles, traitements, graphiques, modélisation, analyse, etc.)
 - avec 4 outils :  texte,  dessin,  protocole,  données
- Les étudiants produisent leurs comptes rendus
 - de manière collaborative (binômes)
 - à distance (préparation du TP) et en séance

Objectifs de l'étude de cas

- 1- Quelle démarche expérimentale est préconisée par les enseignants ?
- 2- Quels sont leurs objectifs d'apprentissages autour de l'enseignement d'une telle démarche ?
- 3- Comment les enseignants guident ils les étudiants sur la plateforme ?
 - Dégager les objectifs visés
 - Identifier & caractériser la démarche préconisée
 - Identifier & catégoriser les guidages

Corpus & Méthode

A- Patrons des comptes rendus de TP sur LabNbook

B- Entretiens avec les enseignants prescripteurs

Cadres d'analyse

- Modèle de cycle expérimental
→ caractériser la démarche préconisée par les enseignants
- Catégories des types de guidage (fixes) dans un EIAH
(adapté de de Jong et Lazonder, 2014)
- Grille d'analyse des entretiens (analyse thématique)

Objectifs visés par les enseignants

Apprendre une **pratique scientifique** et professionnelle

- Suivre une démarche globale, étape par étape
- Maîtriser certaines étapes de la démarche
 - proposer des hypothèses / les résultats attendus
 - concevoir l'expérience
 - rédiger un mode opératoire détaillé et complet
 - analyser les résultats expérimentaux (analyse critique)
 - décrire les données
 - confronter les résultats expérimentaux aux résultats attendus et/ou aux hypothèses
- Pratiquer une démarche expérimentale dynamique (non linéaire)
- Anticiper : prévoir les protocoles, traitements, résultats attendus
- ...

Objectifs visés

- ❑ Apprendre une pratique scientifique et professionnelle
- ❑ Dépasser des difficultés observées
 - accéder à une **vision globale** de l'expérience
savoir où l'on va, comprendre ce que l'on fait/les objectifs ...

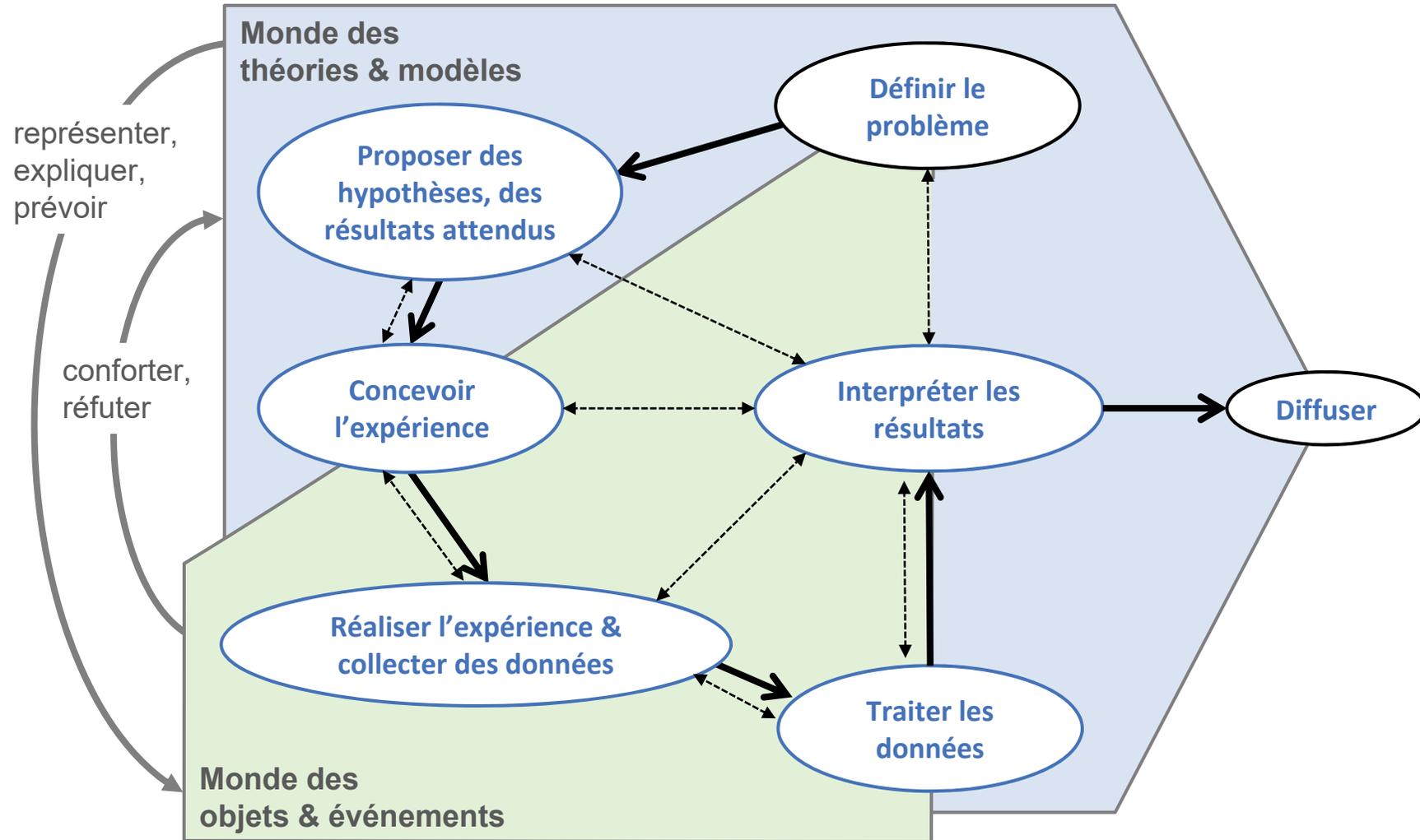
Anticiper

ils ont le nez
dans le guidon

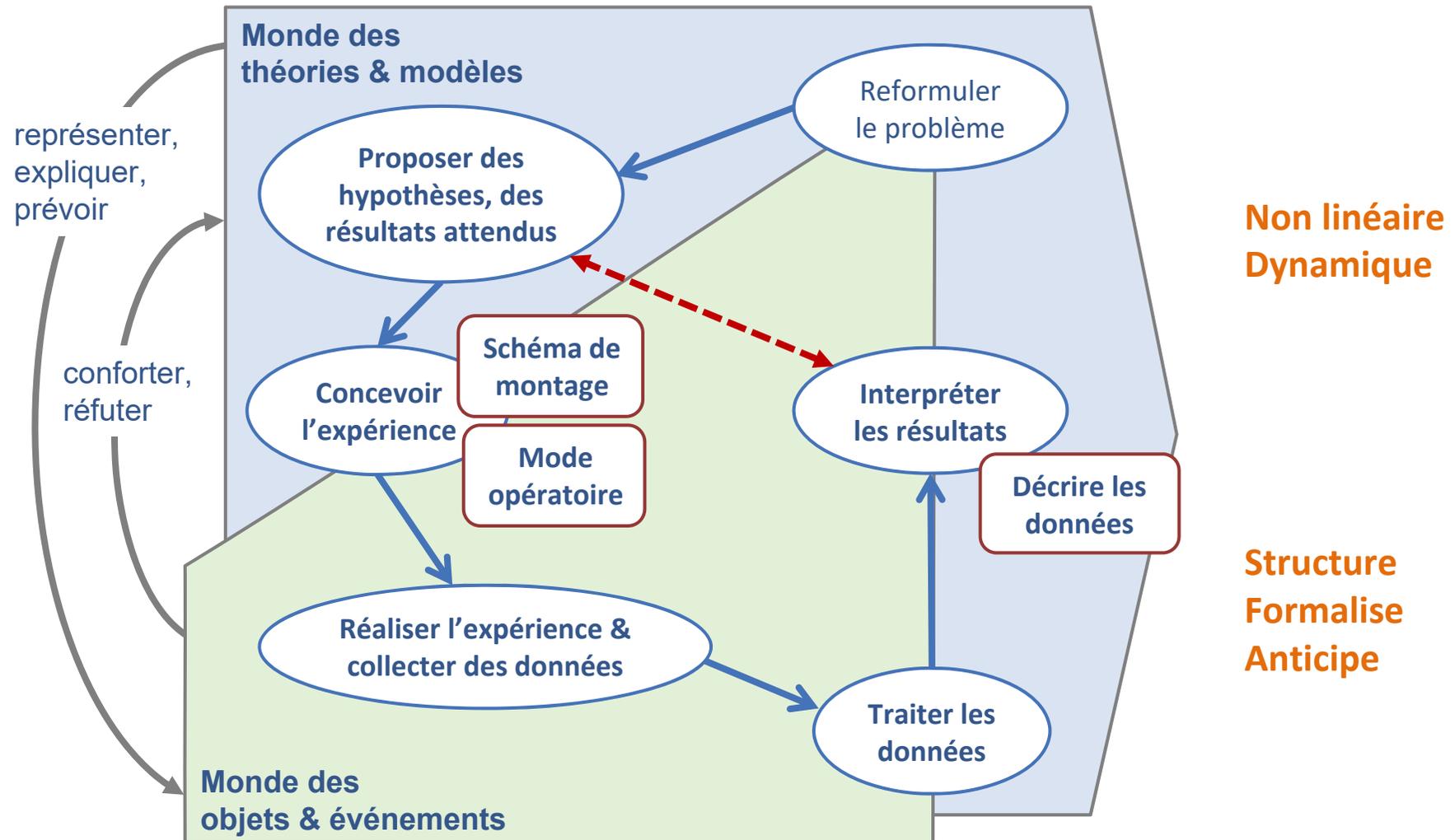
ils ne savent pas pourquoi ils font
et ensuite on leur demande de
modifier le montage, et ils ne savent
pas quoi modifier,
ils n'arrivent pas à se projeter
pourquoi ils font les choses

- avoir le temps d'aller au bout des manip

Cycle expérimental



Démarche expérimentale préconisée



Guider la démarche préconisée

1 - Nécessité d'un amplificateur de puissance

- ▶ Introduction à la mesure
- ▶ Schéma de mesure (marquer les appareils utilisés, leurs ré)
- ▶ Résultats (mettre à jour le modèle)
- ▶ Description et Analyse

- Structurer
- Matérialiser
- Contraindre
- Expliquer
- Exemplifier

2 - Push-pull classe B

- ▶ Mesure 1 : le push-pull classe B c
- ▶ Mesure 1 : schéma de mesures
- ▶ Mesure 1 : mesures à l'oscilloscope
- ▶ Mesure 1 : description de la mesure et analyse

Ressources

▼ Consigne générale

Bien lire les consignes spécifiques à chaque partie.
Structurer votre rapport avec pour chaque mesure :

- les **objectifs** de la mesure : pourquoi fait-on la mesure ?
- des **attendus** : hypothèse, valeur théorique prédite par le modèle utilisé
- le **comment** : appareils, schéma de mesure et description courte de la mesure, puis le protocole détaillé
- les **résultats** : les mesures elles-même sous forme de tableau, graphique, ...
- une **description** : quelle est la tendance des mesures
- une **analyse** : reboucler sur les attendus avec la connaissance des mesures



Document Protocole dans LabNbook

 Protocole expérimental

Définir le problème

- Structurer
- Matérialiser
- Contraindre
- Expliquer
- Exemplifier

Question de recherche ou objectif

Décrivez l'objectif de votre expérimentation : la question à laquelle vous voulez répondre et/ou les objets que vous voulez produire.

Hypothèses ou résultats attendus

Lister les hypothèses que vous souhaitez tester au cours de vos expériences et/ou les résultats que vous pensez obtenir.

Proposer des hypothèses, des résultats attendus

Principe de la manipulation

Décrivez rapidement la stratégie, les moyens que vous allez mettre en place. Le principe de manipulation ressemble à un mode opératoire succinct ne contenant pas les paramètres de la manipulation.

Liste du matériel

Mode opératoire

 Ajouter une étape

 Ajouter une action

Coller une étape ou action

Concevoir l'expérience



Document Protocole dans LabNbook

Protocole expérimental

Définir le problème

- Structurer
- Matérialiser
- Contraindre
- Expliquer
- Exemplifier

Question de recherche ou objectif

Décrivez l'objectif de votre expérimentation : la question à laquelle vous voulez répondre et/ou les objets que vous voulez produire.

Hypothèses ou résultats attendus

Lister les hypothèses que vous proposez et/ou les résultats que vous prévoyez.

Principe de la manipulation

Décrivez rapidement la stratégie de manipulation. Le principe de manipulation ne doit pas contenir les paramètres de la mesure.

Liste du matériel

Mode opératoire

Ajouter une étape

Ajouter une action

Coller une étape ou action

Proposer des

Ressources

Consigne générale

Bien lire les consignes spécifiques à chaque partie.

Structurer votre rapport avec pour chaque mesure :

- les **objectifs** de la mesure : pourquoi fait-on la mesure ?
- des **attendus** : hypothèse, valeur théorique prédite par le modèle utilisé
- le **comment** : appareils, schéma de mesure et description courte de la mesure, puis le protocole détaillé
- les **résultats** : les mesures elles-mêmes sous forme de tableau, graphique, ...
- une **description** : quelle est la tendance des mesures
- une **analyse** : reboucler sur les attendus avec la connaissance des mesures

Guider la démarche préconisée

Exemplifier

3 - Cellule solaire sous obscurité

★ ▶  Schéma de Câblage  

▶  Mesure de la caractéristique $I_d=f(V_d)$  

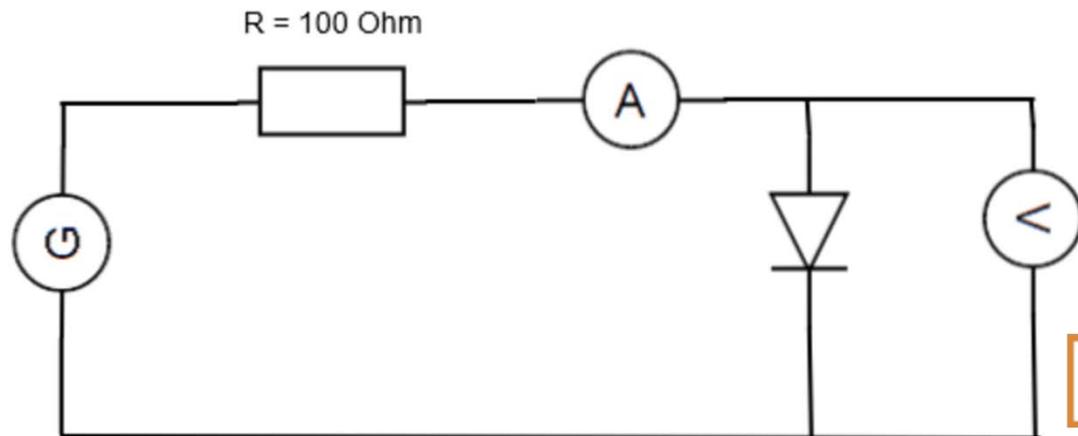
★ ▶  Tableau et tracé de $I_d=f(V_d)$  

▶  Description des résultats (commenter qualitativement les résultats obtenus sur le graphe)

▶  Analyse des résultats (préciser pour les étudiants)  

- Structurer
- Matérialiser
- Contraindre
- Expliquer
- **Exemplifier**

☆ ▼ 📄 Schéma de Câblage 🗨️ ⋮



Anticiper

📄 Schéma de montage

La tension du générateur pourra varier entre +10V et - 10V

▼ 📄 Mesure de la caractéristique $I_d=f(V_d)$ 🗨️ ⋮

📄 Objectifs

Question de recherche ou objectif

Obtenir la caractéristique $I=f(V)$ de la cellule solaire, en l'absence de lumière, et en déduire des propriétés électriques et physiques de celle-ci

📄 Résultats attendus (hypothèses)

Hypothèses ou résultats attendus

La cellule solaire est une jonction PN au silicium, donc, on s'attend à une courbe caractéristique d'une diode (tension de seuil environ 0.6V, puis faible résistance dans la zone passante, et $I=0$ dans la zone bloquée). Ceci à modérer en fonction des paramètres physiques et géométriques de la cellule solaire.

Anticiper

Principe de la manipulation

Il s'agit de faire varier la tension aux bornes de la cellule, par le biais d'un circuit de polarisation classique d'une diode, et de mesurer les variations de U_d et I_d .

Liste du matériel

• Alimentation Triple FI1363	l'alimentation triple, sur la sortie 2	Connecté au multimètre Keythley, contrôle de température réalisé au préalable	l'alimentation triple, sur la sortie 3, tension limité à 5,5V environ
• Ampèremètre	• Résistance de 100Ohms (boite à décade)	• Ventilateur - Connecté à	• Voltmètre
• Générateur de tension continue	• Thermocouple Type K -		
• Module Peltier - Connecté à			

Mode opératoire

■ Préparation Cablage et réglage des appareils



Mode opératoire détaillé et commenté

- Câbler selon le schéma ci-dessus Réfléchir au sens de branchement de la cellule, vérifier la valeur de R
- Régler le générateur de tension continu sur 0V, voie C.
- En contrôlant la température, ajuster la tension au borne du thermoélément (doucement) pour atteindre environ 20°C (mesurer à l'aide du thermocouple)

🔗 Réaliser la mesure $I=f(V)$

Cette étape sera réalisée 2 fois :

	1	2
Echelle de tension appliquée	Grossière pour un premier passage et cerner le phénomène	Plus précis avec des focus sur les points intéressants (ie localement, on augmente le nb de points de mesure)

- Faire varier la tension du générateur sur la plage [-10; +10]V.
- Pour chaque point de mesure, relever et consigner dans le tableau ci-dessous: $U_{générateur}$, I_d , U_d

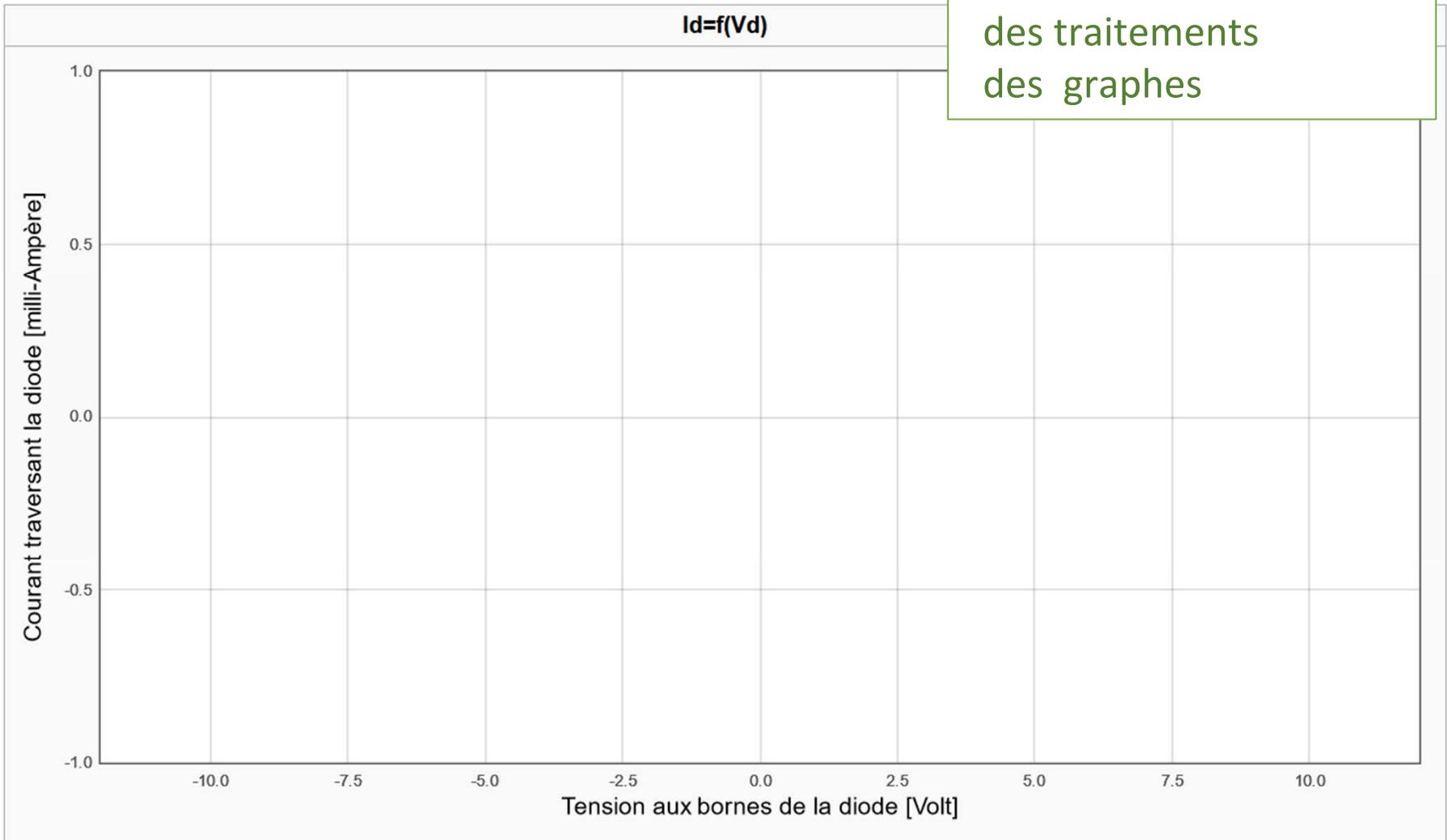
■ Renseigner la formule d'incertitude (pour I_d et V_d) dans le tableau ci-dessous Chercher l'information dans les datasheets des multimètres. Attention aux calibres

	Vg [Volt]	Vd [Volt]	Id [milli-Ampère]	Delta_Vd [Volt]	Delta_Id [milliAmpère]
f()					
1					
2					
3					
4					



Anticiper

Traitement des données :
Anticipation
du tableau de données
des traitements
des graphes



Dévolution de la démarche préconisée par « fading »

- ❑ Stade 1 : exemplifie en détail ... ce qui peut être anticipé
- ❑ Stade 2 : uniquement la structure (+ consigne)
- ❑ Stade 3 : une consigne générale

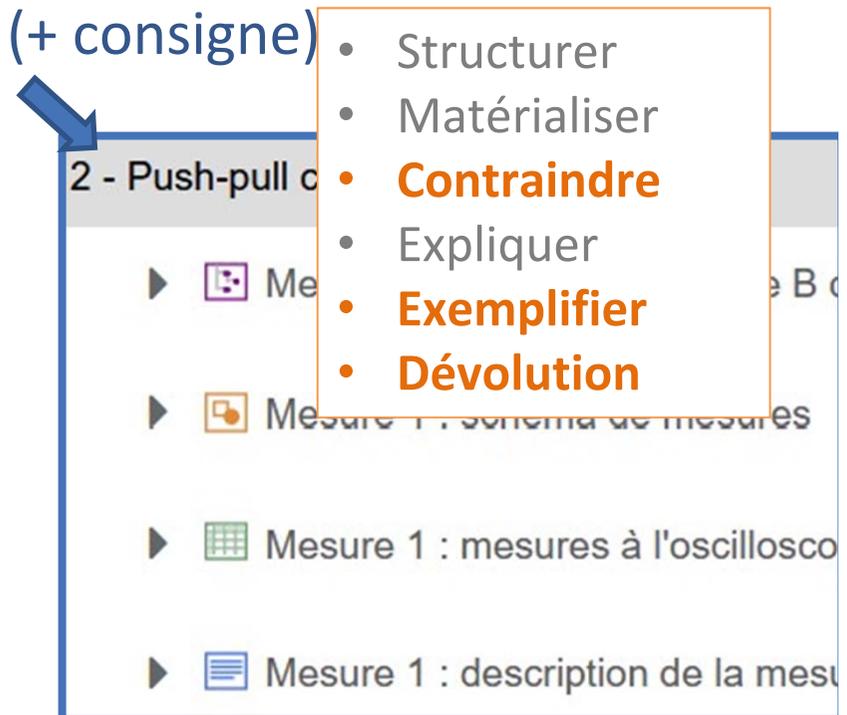


▼ Consigne générale

Bien lire les consignes spécifiques à chaque partie.

Structurer votre rapport avec pour chaque mesure :

- les **objectifs** de la mesure : pourquoi fait-on la mesure ?
- des **attendus** : hypothèse, valeur théorique prédite par le modèle utilisé
- le **comment** : appareils, schéma de mesure et description courte de la mesure, puis le protocole détaillé
- les **résultats** : les mesures elles-même sous forme de tableau, graphique, ...
- une **description** : quelle est la tendance des mesures
- une **analyse** : reboucler sur les attendus avec la connaissance des mesures



- Structurer
- Matérialiser
- **Contraindre**
- Expliquer
- **Exemplifier**
- **Dévolution**

2 - Push-pull c

- ▶ Me
- ▶ Mesure 1 : schéma de mesures
- ▶ Mesure 1 : mesures à l'oscillosco
- ▶ Mesure 1 : description de la mesu

En résumé

Démarche

- pratique scientifique
- matérialisée par étapes
- anticipation avant manip
- non linéaire → dynamique

Nature parascientifique

Guidage : un dispositif complexe & gagnant

- Imposer une structure
- Matérialiser /Exemplifier / décrire
- Fading → dévolution progressive
- Mettre des obstacles
- Aligner l'évaluation

Apport de la plateforme

- Porter la structure de la démarche
- Faire anticiper
- Organiser les consignes
- Faciliter certaines tâches
(protocole, graphiques)

Pour conclure

Démarche

- pratique scientifique
 - matérialisée par étapes
 - anticipation avant manip
 - non linéaire → dynamique
- Nature parascientifique

Guidage : un dispositif gagnant

- Imposer une structure
- Matérialiser /Exemplifier / décrire
- Fading → dévolution progressive
- Mettre des obstacles
- Aligner l'évaluation

Pour l'étudiant

- ✓ Construire une vision globale des manip pour s'orienter // comprendre
ce que l'on veut, où l'on va , comment on y va
- ✓ Avoir le temps
 - ✓ d'aller au bout
 - ✓ d'approfondir

Pour l'enseignant en séance

Gagner du temps pour

- ✓ Accompagner
- ✓ Approfondir
 - des étapes
 - des contenus
 - une démarche non linéaire

Pour conclure

Apport de la plateforme

- Porter la str
- Faire anticip
- Organiser le
- Faciliter cer
(protocole,

« C'est un TP que j'ai particulièrement apprécié parce que ça nous a permis de vraiment bien voir les choses, de bien ordonner, de bien structurer, et de mieux comprendre ce qu'on fait. »

Guidage : un dispositif gagnant

↳ Imposer une structure

↳ Apprendre à travailler de manière progressive

Pour l'étudiant

- ✓ Construire une vision globale des manip pour s'orienter // comprendre ce que l'on veut, où l'on va , comment on y va
- ✓ Avoir le temps
 - ✓ d'aller au bout
 - ✓ d'approfondir

Pour l'enseignant en séance

Gagner du temps pour

- ✓ Accompagner
- ✓ Approfondir
 - des étapes
 - des contenus
 - une démarche non linéaire

LabNbook



financé par
**IDEX Université
Grenoble Alpes**



**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*