

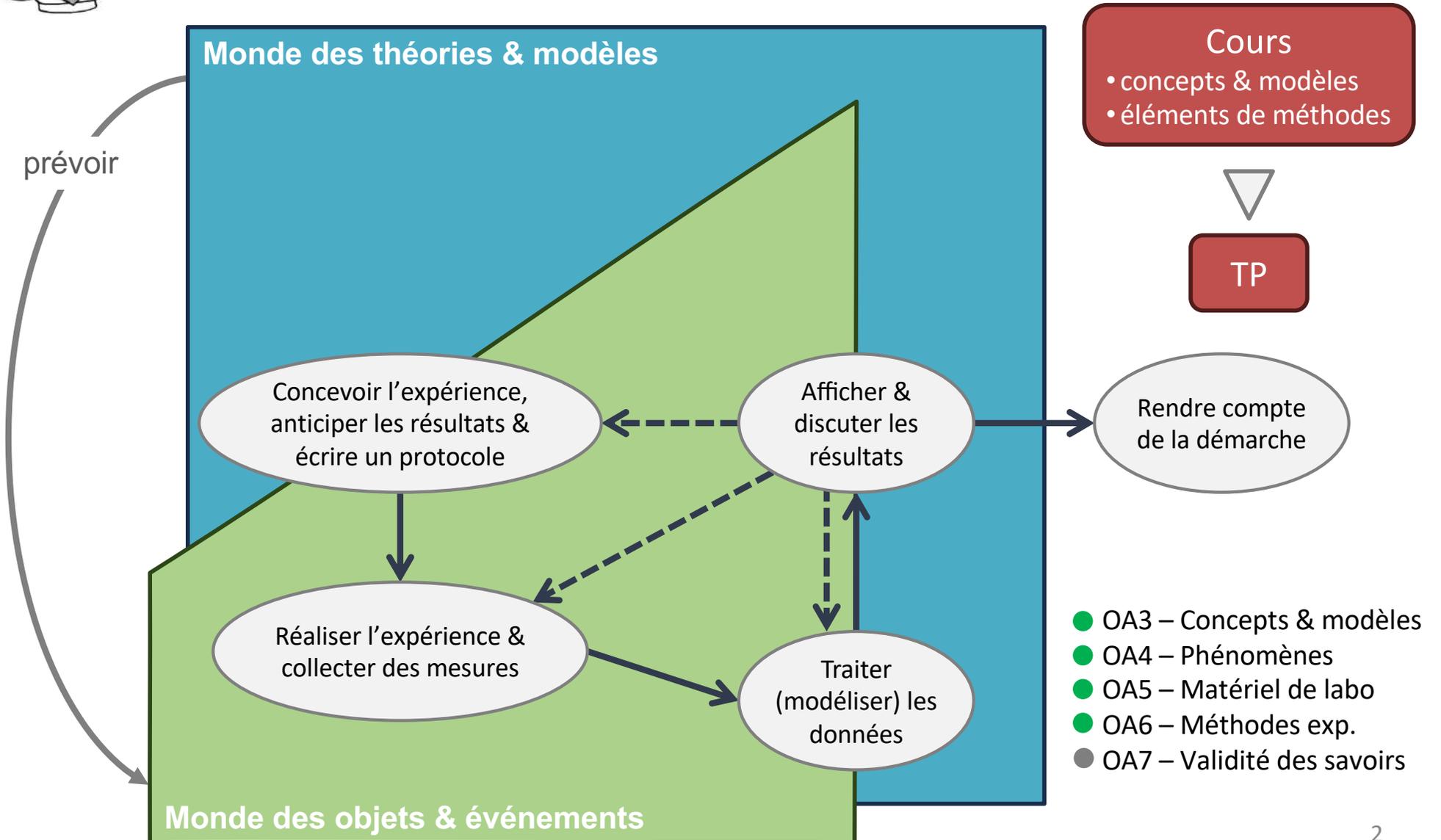
LA CONCEPTION D'EXPÉRIENCES PAR LES ÉTUDIANTS

Guidage par une plateforme numérique

Isabelle Girault, Laure Mondelain, Claire Wajeman
Isabelle.girault@univ-grenoble-alpes.fr



Le TP conception



Les apports de la conception d'expérience

- Acquisition de **connaissances procédurales**
Séré (2002)
- **Meilleure compréhension des notions** liées aux expériences conçues
(observée lors des examens)
Arce et Betancourt (1997)
- **Acquisition de compétences scientifiques** : comportement plus proche de celui de scientifiques que ceux qui font des TP traditionnels
(discussions sur des concepts de physique, sur l'analyse des données...)
ISLE : Karelina & Etkina (2007) Etkina et al. (2010)
- **Activités cognitives** d'un ordre supérieur (ils pensent !)
Neber et Anton (2008)



Faire concevoir des expériences par les étudiants

Quelle conception d'expérience ?

- Dans les activités expérimentales, les élèves sont souvent amenés à concevoir des expériences.

Pedaste et al. (2015) ; Girault et al. (2012)

- Avec des simulations : limitée à la sélection de paramètres de la simulation, sur la base d'une hypothèse et de l'observation du résultat

McElhane & Linn (2011)

- Quelle quantité d'information donne l'enseignant ?

Bell et al. (2005)

Il peut adapter des « travaux pratiques
« classiques »

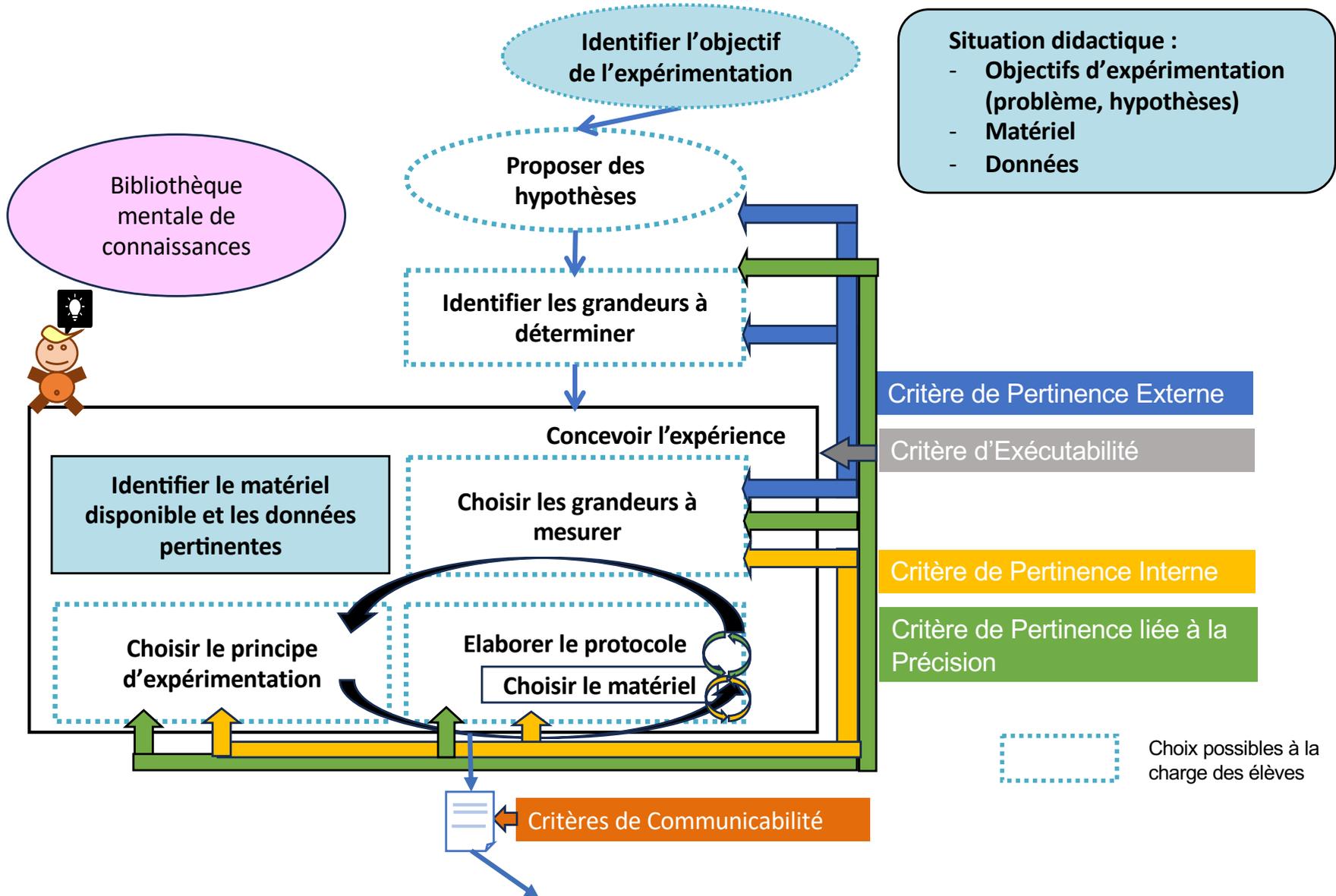
Figure 2. Modified version of the four-level model of inquiry. How much information is given to the student?

Level of inquiry	Question?	Methods?	Solution?
1	x	x	x
2	x	x	
3	x		
4			

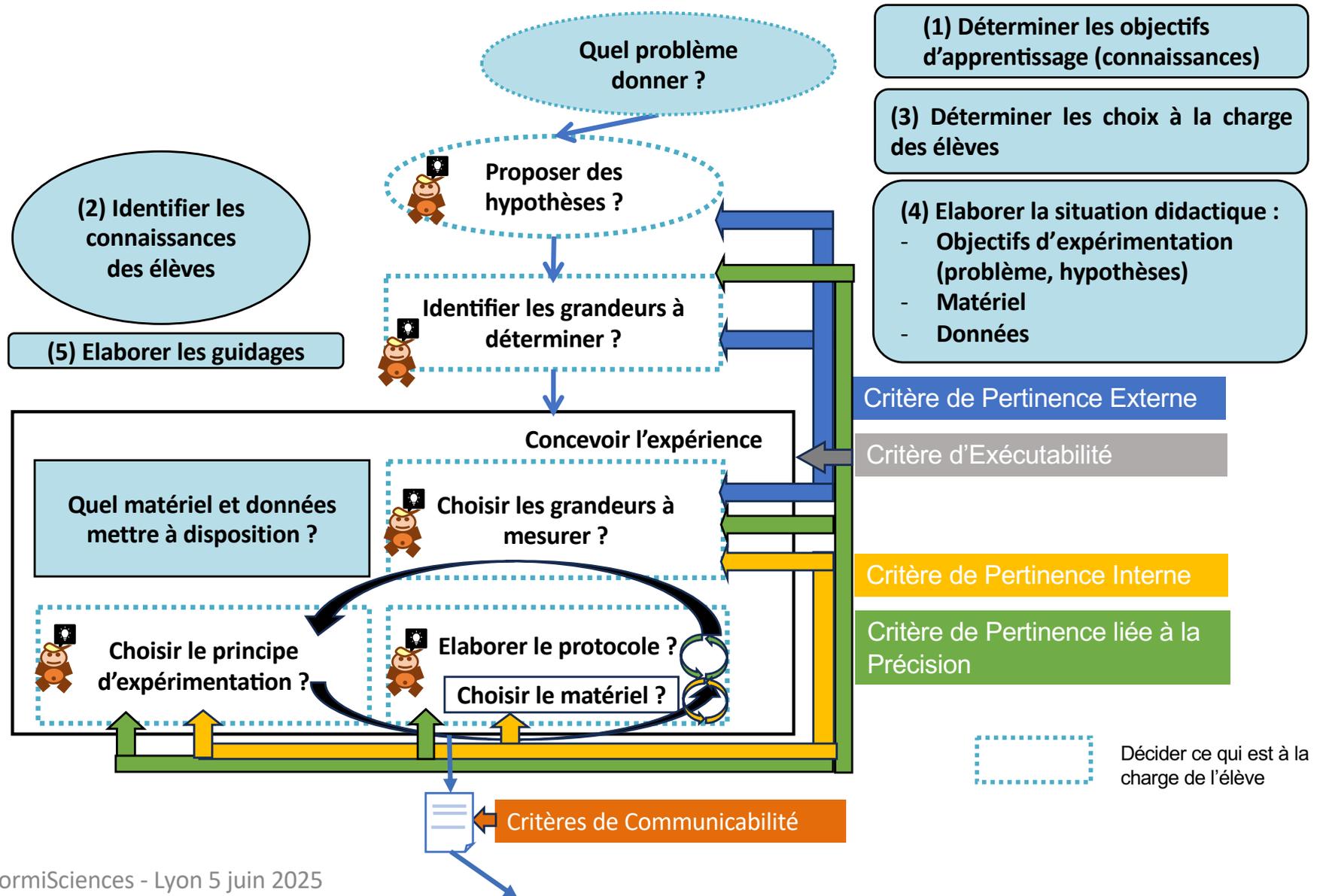
La conception d'expériences, une tâche complexe

- Pour les élèves
 - Manque de connaissances : Laugier (2003)
 - Pas de planification : Séré et Beney (1997)
- Pour les enseignants : obstacles
 - Akuma, (2019)
- Besoin de guidages
 - Girault & d'Ham (2014), Szalay et al. (2024)

Que fait l'élève qui conçoit une expérience ?



Que fait l'enseignant qui met en place une telle activité ?



Quelles connaissances ?

- Des connaissances sur les théories et modèles disciplinaires
- Des méthodes expérimentales
 - Disciplinaires : titrage, dosage par étalonnage, chromatographie, ...
 - Transversales
 - Varier un paramètre à la fois
 - Référence, étalon, contrôles positifs ou négatifs
- La forme d'un protocole :
 - Il doit être structuré (organisation temporelle et lisible) : **structuration** des **actions** (tâches), organisées en **étapes** (structurantes)
 - Il doit être complet c'est-à-dire donner suffisamment de détails : **complétude**
 - Il ne doit pas y avoir de calculs ou justifications : **informations pertinentes**

Quelques pistes pour élaborer la situation pédagogique

- Situer le problème dans une progression pédagogique
- Ecrire **un protocole le plus détaillé possible**
- Analyser les connaissances sous-jacentes
- Pour chaque tâche, l'enseignant prend des décisions sur les connaissances visées et le guidage nécessaire
- Réfléchir au matériel donné dans la situation pédagogique

Enjeu d'apprentissage	Difficulté de la tâche	Action écrite dans le protocole
Non	Trop difficile	Donnée par l'enseignant
Non (déjà vu)	Facile	Non nécessaire, implicite
Oui	Accessible	Totalement à la charge des étudiants
Oui	Difficile	Partiellement à la charge des étudiants, avec guidage de l'enseignant

Guidage

- Guidage, un dispositif d'aide :
 - permettant à l'apprenant d'effectuer une tâche mais pas nécessaire à la résolution
 - apporté au début ou au cours de l'activité
 - qui n'altère pas le potentiel d'apprentissage porté par la situation
 - qui peut /doit être suivi d'un « fading » ou désétayage
(diminution progressive de l'aide)
- Cette aide peut être apportée :
 - par les pairs
 - par l'enseignant
 - par les environnements informatiques

Guidage des activités de conception expérimentale dans LabNBook

Différents moyens de guidage :

- Consignes sur l'activité
- Ressources
- Des questions pour faire réfléchir en amont
- Structuration par **l'outil protocole**

Structuration par l'outil (1)

Etapes à ordonner dans l'ordre chronologique et actions qui leur sont associées

Mode opératoire

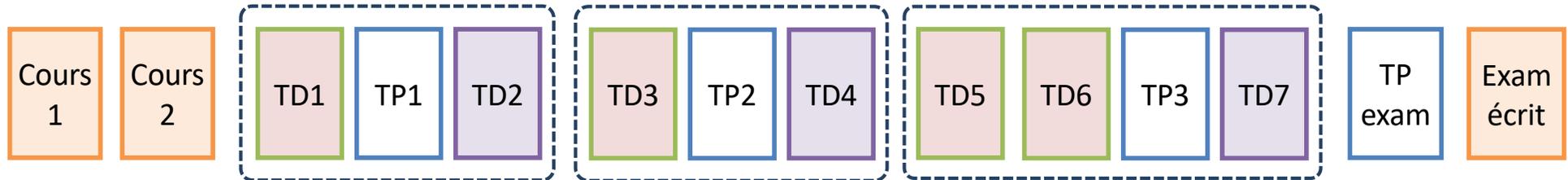
Les différentes étapes de la chromatographie Vous devez ordonner de façon chronologique les étapes (flèches) et les actions (ronds) qui leur sont associées

- Analyse des fractions
- Dépôt de l'échantillon
- Elimination des protéines contaminantes
- Elution des immunoglobulines
- Préparations avant la purification
- Stockage de la résine
- Annoter 9 microtubes propres : 1 tube "non retenu", 4 tubes "lavage" (L1, L2...) et 6 tubes "élution" (E1, E2...)
- Ajouter 20 µL de tampon Tris 1M pH9 dans les tubes "élution"
- Ajouter 150 µL de réactif de Bradford dans les puits
- Attendre 10 min environ
- Déposer 400 µL de sérum et laisser couler la totalité
- Déposer 1 mL de tampon PBS et laisser couler la totalité
- Déposer 200 µL de glycine 100 mM pH 2,7 et laisser couler la totalité
- Déposer 50 µL de chaque fraction dans les puits d'une plaque multipuits
- Faire passer 3 mL de PBS dans la colonne
- Laisser couler la totalité du liquide présent au-dessus de la résine
- Laisser un peu de tampon et reboucher la colonne
- Laisser couler la totalité du liquide dans le tube "non retenu"
- Mesurer l'absorbance à 594 nm
- Oter les bouchons en haut et en bas de la colonne - pour laisser couler la totalité du liquide
- Placer le tube "non retenu" sous la colonne
- Placer un tube "lavage" sous la colonne
- Placer un tube "élution" sous la colonne
- Positionner un bécher poubelle sous la colonne
- Recommencer 3 X les étapes de dépôt de 1 mL de tampon PBS en changeant de tube à chaque fois
- Recommencer 5 X les étapes de dépôt de 200 µL de glycine 100 mM pH 2,7 en changeant de tube à chaque fois

Permet de travailler :

- une méthode expérimentale
- la structuration du protocole

Méthodes expérimentales (UE L1)



- UE organisée autour de 3 TP de chimie / biochimie
 - TP1 : mesures spectrophotométriques
 - TP2 : précision du matériel & incertitudes
 - TP3 : titrages acide-base d'acides aminés
- Pour chaque TP :
 - 1 ou 2 TD de **préparation** (simulation avec LabNBook)
 - 1 TD de **synthèse**
- 1 TP examen
- 1 examen écrit

Structuration par l'outil (2)

Exemple de l'UE MEP 101 – UGA

• Temps 1 : Dosage spectrophotométrique

☰ Objectif et protocole 🗨️ ⋮

Un protocole vous est proposé pour préparer les solutions de vos gammes étalon. Choisissez le matériel que vous voulez utiliser puis complétez les champs libres et les tableaux. ✕

Remarque : en cliquant sur le matériel, des informations à son sujet s'affichent. Cela peut vous être utile.

Objectif

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

Résultats attendus

Lister les résultats que vous pensez obtenir.

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

🔄 Préparation des solutions de la gamme étalon de jaune tartrazine (JT)

Réaliser les actions de cette étape 6 fois.

	1	2	3	4	5	6	
JT_dil	Nom de la solution diluée de JT	JT1	JT2	JT3	JT4	JT5	JT6
C [μM]	Concentration en JT	5	10	20	40	60	80
V [μL]	Volume de solution mère						
MP	Matériel de prélèvement						

- Conditionner un(e) _____ avec _____
- Introduire V [μL] de _____ prélevé avec un(e) _____ dans un(e) _____ et agiter. Cette solution s'appelle JT_dil .
- Conditionner un(e) _____ avec _____
- Transvaser le liquide _____ dans un(e) _____ .

🔄 Préparation des solutions de la gamme étalon de bleu patenté V (BP)

Réaliser les actions de cette étape 6 fois.

	1	2	3	4	5	6	
BP_dil	Nom de la solution diluée de BP	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6
C [μM]	Concentration en BP						
V [μL]	Volume de solution mère						
MP	Matériel de prélèvement						

Permet de travailler :

- des connaissances sur la dilution, la loi de Beer-Lambert
- le principe d'un dosage par étalonnage
- la précision avec le **choix du matériel**
 - quel matériel mis à disposition par l'enseignant ?

Structuration par l'outil (3)

- **Temps 2 : Mesure et qualité de préparation de solutions**

Objectif

Décrivez l'objectif de votre expérimentation : les objets que vous voulez produire.

Résultats attendus

Lister les résultats que vous pensez obtenir.

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

- sulfate de cuivre $\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ ⓘ
- eau distillée
- solution étalon Cu^{2+} ⓘ
- balance ⓘ
- colorimètre ⓘ
- cuve de spectrophotométrie plastique ⓘ
- tube Eppendorf 2 mL
- bécher 25 mL
- bécher 50 ml
- bécher 100 mL
- bécher 250 mL
- éprouvette graduée 50 mL
- éprouvette graduée 100 mL
- pipette jaugée 10,0 mL

Mode opératoire

Préparation de 100 mL de solution S0 à la concentration 0,4 M

(Etape vide)

Préparation de 50 mL de solution S1 à la concentration 0,08 M

(Etape vide)

Préparation de 2 mL de solution S2 à la concentration 0,08 M

(Etape vide)

Permet de travailler :

- des connaissances disciplinaires
- des méthodes expérimentales
- la précision avec le **choix du matériel**

✓ Ajouter une action

Conditionner

Enregistrer la référence d'un colorimètre

Mesurer une absorbance

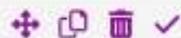
Préparer une solution par dilution

Préparer une solution par dilution (sans fiole jaugée)

Préparer une solution par dissolution

Réaliser un spectre

Transvaser



Enregistrer la référence du colorimètre avec à la longueur d'onde

Commentaire

Structuration par l'outil (4)

- Temps 3 : Titrage d'un acide aminé

Protocole de titrage de l'acide aminé...



Pensez à modifier le titre du protocole.
Les actions de protocole sont libres : rédigez les en indiquant **tous les paramètres nécessaires** à la réalisation de l'expérience.
Comme le protocole de titrage du second acide aminé est très proche du premier, vous pouvez **dupliquer** ce protocole (menu en haut à droite du protocole validé, option "dupliquer") avant de le modifier.

Objectif

Déterminer la nature d'un acide aminé et sa concentration à partir d'une solution fournie

Résultats attendus

Indiquez les résultats que vous pensez obtenir

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

- Solution d'acide aminé A environ 0,01 M
- Solution d'acide aminé B environ 0,01 M
- Solution d'acide aminé C environ 0,05 M
- Solution d'acide aminé D environ 0,1 M
- Solution de soude à 0,1000 ± 0,0005 M
- Eau distillée
- Burette de 25 mL
- Bécher de 100 mL
- Pipette jaugée de 20 mL
- Pipette jaugée de 50 mL
- Fiole jaugée de 50 mL
- Fiole jaugée de 100 mL
- Eprouvette de 50 mL
- Agitateur magnétique
- pHmètre

Mode opératoire

Dilutions préalables des solutions utilisées dans le titrage (si nécessaire)

(Etape vide)

Mise en place du titrage

(Etape vide)

Réalisation du titrage

(Etape vide)

Ajouter une étape

Ajouter une action

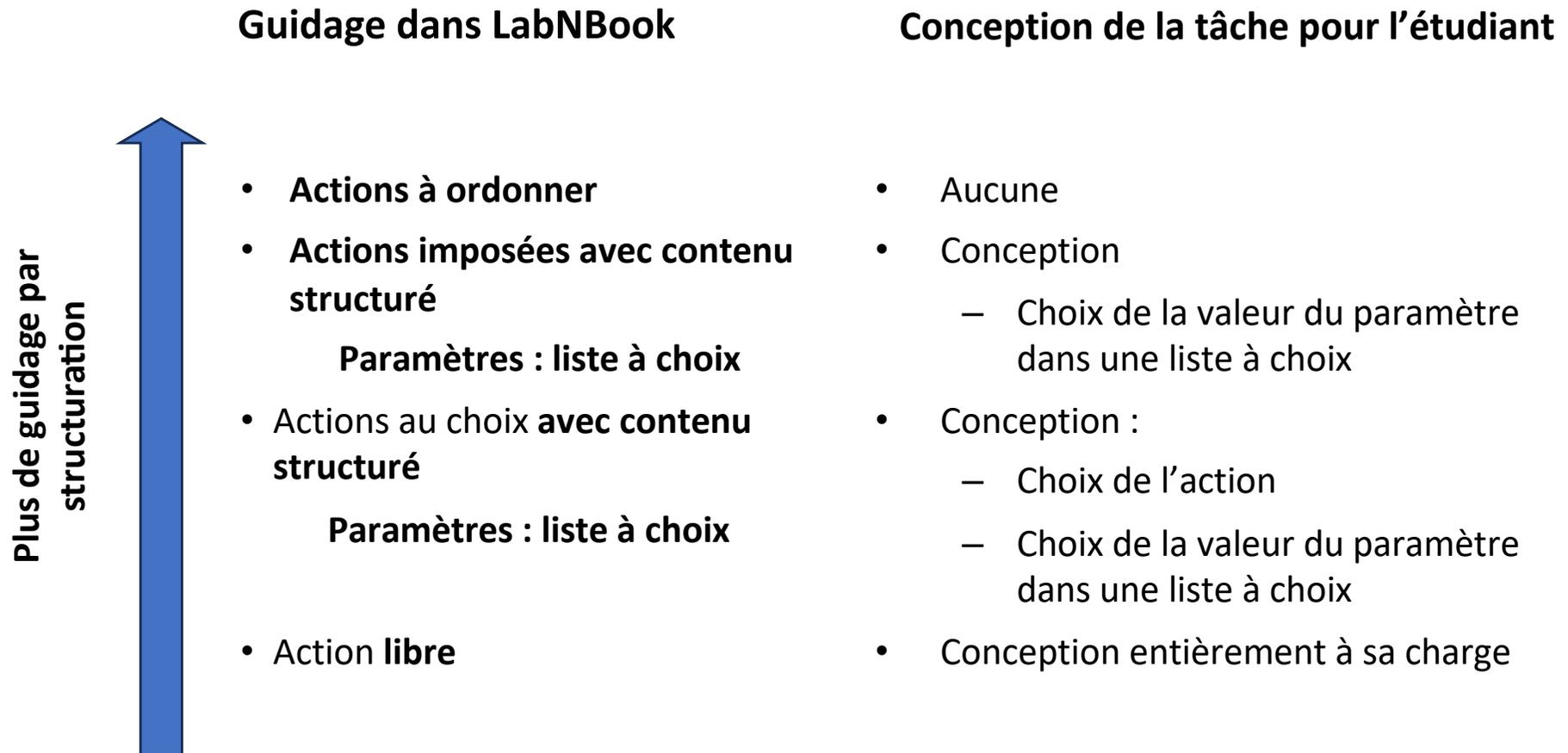
Permet de travailler :

- des connaissances disciplinaires
- des méthodes expérimentales
- la précision avec le **choix du matériel**

Et la différenciation ?

- Différentes missions suivant les étudiants (groupes d'étudiants) avec des guidages différents :
 - Consignes
 - Documents ressources
 - Structuration du protocole
- Adapter le désétayage aux étudiants

Différents guidages au niveau des actions



Points de vigilance

- Définir les objectifs d'apprentissage
- Cibler les objectifs d'apprentissages (pas trop d'objectifs)
- Vérifier, expérimenter que ces objectifs peuvent être atteints grâce à l'activité de conception prévue (avec les guidages)
- Place du TP dans la séquence d'enseignement ?

Bibliographie

- Arce, J., & Betancourt, R. (1997). Student-designed experiments in scientific lab instruction. *Journal of College Science Teaching*, 27(2), 114-118.
- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019). Characterising extrinsic challenges linked to the design and implementation of inquiry-based practical work. *Research in Science Education*, 49(6), 1677-1706.
- Bell, R., L. Smetana, and I. Binns. 2005. Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher* 72(7): 30–34.
- Etkina, E., Karelina, A., & Ruibal-Villasenor, M. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities : Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Girault, I., d’Ham, C., Ney, M., Sanchez, E., & Wajeman, C. (2012). Characterizing the Experimental Procedure in Science Laboratories : A preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854.
- Girault, I., & d’Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526.
- Karelina, A., & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist : Student approach study to experimental design. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 3, 12 pages (online journal : <http://prst-per.aps.org/>).
- Laugier, A., & Dumon, A. (2003). Résolution de problème et pratique expérimentale: Analyse du comportement des élèves en début de seconde. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 335–352.
- McElhane, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task : Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 745-770.
- Neber, H., & Anton, M. (2008). Promoting pre-experimental activities in high-school chemistry : Focusing on the role of students’ epistemic questions. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1801-1821.
- Pedaste, M., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning : Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Séré, M. G., & Beney, M. (1997). Le fonctionnement intellectuel d’étudiants réalisant des expériences : Observation de séances de travaux pratiques en premier cycle universitaire scientifique. *Didaskalia*, 11, 75-102.
- Séré, M. G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education. *Science Education*, 86(5), 625-643.
- Szalay, L., Tóth, Z., Borbás, R. & Füzési, I. (2024). Progress in developing experimental design skills among junior high school learners. *Journal of Turkish Science Education*, 21(3), 484-511.