Licence Sciences et Technologies

Apprentissage par projet du deuxième semestre

Deuxième partie :

Piles à Combustible Microbiennes

π(Pi) **PROJECT 2025**

Equipe pédagogique

Pascal Béroule : pascal.beroule@universite-paris-saclay.fr

Frédéric Bouquet : frederic.bouquet@universite-paris-saclay.fr

Cyril Dauphin : cyril.dauphin@universite-paris-saclay.fr

Martine Thomas : martine.thomas@universite-paris-saclay.fr

Année universitaire 2024-25

Note : le planning de l'APPi (dates des séances, contenu des séances) est susceptible d'être modifié au cours du semestre.

SOMMAIRE

1 Les objectifs pédagogiques de l'apprentissage par projet 3

2 Le challenge 2025 5

2.1 Présentation générale du π project 5

2.2 Les objectifs à atteindre 6

2.3 Les moyens mis à disposition des équipes 7

2.4 La démarche à suivre 8

2.4.1 Les étapes du π project 8

2.4.2 Organisation du travail de projet 10

2.5 Présentation du calendrier des étapes et des séances 12

2.6 Rédaction du rapport-article 31

3 Consignes d'hygiène et sécurité 33

4 Le cahier de laboratoire 35

5 Recherches et références bibliographiques 38

5.1 Comment mentionner des travaux ou citer des auteurs dans votre texte 39

5.2 Comment rédiger une liste des références bibliographiques 39

6 Achats et remboursements 43

7 Composition des équipes 44

8. Contribution des membres de l'équipe à chaque livrable 45

Préambule

Ce document comporte des informations importantes pour bien comprendre le travail demandé durant le semestre. Nous vous invitons à le lire très attentivement ; aucune ligne n'est superflue.

1. Les objectifs pédagogiques de l'apprentissage par projet

Le projet que vous réaliserez au deuxième semestre de la Licence *Sciences et Technologies* est l'occasion de multiples apprentissages. Cet apprentissage par projet (APP) devrait vous permettre i) d'acquérir ou d'approfondir des savoirs théoriques en chimie, physique et biochimie, ii) d'acquérir ou de développer des savoir-faire pratiques, iii) de vous entraîner à la réalisation d'une tâche complexe nécessitant de mobiliser et de combiner des savoirs issus de plusieurs champs disciplinaires et iv) de développer un grand nombre des savoir-faire constituant les trois compétences transversales du référentiel de la Licence *Sciences et Technologies* (aborder un problème en mettant en œuvre une approche scientifique et technique, pratiquer une communication correcte et appropriée au contexte, travailler et apprendre de manière efficace dans la cadre d'un projet technique et scientifique). Au cours de ce travail, vous devriez développer au moins 31 savoir-faire des 3 compétences transversales du référentiel de la formation (Figure 1).

Rappels sur les compétences transversales du référentiel de la formation

« Aborder un problème en mettant en œuvre une approche scientifique et technique » est une compétence méthodologique et cognitive. Ce savoir-agir est mis en œuvre lorsqu'il faut apporter une réponse expérimentale et technique à un problème devant être formulé scientifiquement et requérant éventuellement une approche pluridisciplinaire, lorsqu'on doit réaliser un projet technique individuellement ou en équipe.

« **Pratiquer une communication correcte et appropriée au contexte** » est une compétence mise en œuvre lorsqu'on participe à un travail collectif et qu'il faut communiquer entre pairs (communication interindividuelle), lorsqu'on doit assurer un pitch, présenter un projet devant des experts (communication orale), rédiger un rapport d'expert ou une synthèse (communication écrite).

« **Travailler et se former de manière efficace au cours de projets scientifiques et techniques** » est une compétence organisationnelle mise en œuvre lorsqu'il faut participer efficacement au travail d'une équipe, lorsqu'on doit acquérir par soi-même des savoirs nécessaires au projet, lorsqu'on est amené à conduire un projet en vue de réaliser des objectifs précis dans les délais fixés.

Figure 1 : composants/items des compétences transversales du référentiel Villebon-Charpak développés durant l'APP du deuxième semestre. Ce projet permet de travailler tous les items des 3 compétences à l'exception de ceux en italique et en gris (2.11; 3.1; 3.7; 3.9; 3.10)

2 Le challenge 2025

2.1 Présentation générale du π project

Le π Project est un challenge scientifique qui consiste à reproduire les piles à combustible microbiennes décrites dans l'article de Gajda et collaborateurs *(2018),* pour une utilisation dans un espace fermé, en y intégrant une ou plusieurs améliorations, puis à évaluer ses performances en suivant aussi fidèlement que possible les travaux des auteurs de ces publications.

Gajda I., Stinchcombe A., Merino-Jimenez I., Pasternak G., Sanchez-Herranz D., Greenman J., *et al.* (2018). **Miniaturised ceramic–based Microbial Fuel Cell for efficient power generation from urine and stack development**. Front. Energy Res., 6.

Abstract : One of the challenges in Microbial Fuel Cell (MFC) technology is the improvement of the power output and the lowering of the cost required to scale up the system to reach usable energy levels for real life applications. This can be achieved by stacking multiple MFC units in modules and using cost effective ceramic as a membrane/chassis for the reactor architecture. The main aim of this work is to increase the power output efficiency of the ceramic based MFCs by compacting the design and exploring the ceramic support as the building block for small scale modular multi-unit systems. The comparison of the power output showed that the small reactors outperform the large MFCs by improving the power density reaching up to 20.4 W/m^3 (mean value) and 25.7 W/m^3 (maximum). This can be related to the increased surface-area-to-volume ratio of the ceramic membrane and a decreased electrode distance. The power performance was also influenced by the type and thickness of the ceramic separator as well as the total surface area of the anode electrode. The study showed that the larger anode electrode area gives an increased power output. The miniaturized design implemented in 560-units MFC stack showed an output up to 245 mW of power and increased power density. Such strategy would allow to utilize the energy locked in urine more efficiently, making MFCs more applicable in industrial and municipal wastewater treatment facilities, and scale-up-ready for real world implementation.

2.2 Les objectifs à atteindre

Pour chaque équipe, les objectifs à atteindre sont les suivants :

1. **Reproduire aussi fidèlement que possible les piles à combustible microbiennes (PACM) présentées dans l'article (prototype de référence).**

2. **Proposer et tester une ou plusieurs améliorations de cette pile (prototype amélioré).**

3. **Réaliser des piles pouvant être utilisées dans un espace fermé.**

4. **Effectuer les mesures réalisées par les auteurs pour caractériser les performances des PACM présentées.**

5. **Suivre les 5 étapes du projet présentées dans le présent livret et respecter les échéances.**

6. **Rédiger un article en français s'inspirant du modèle initial et présenter des prototypes en état de marche devant un jury.**

7. **Communiquer la contribution de chaque membre de l'équipe pour chaque livrable et, en particulier, dans l'article final.**

8. **Satisfaire les attentes du jury final pour gagner un prix.** Le jury décernera des prix en prenant en compte plusieurs caractéristiques des objets présentés, en particulier : la fidélité de la reproduction et de la démarche scientifique par rapport à l'article modèle, la pertinence des propositions d'amélioration et des solutions techniques déployées pour résoudre les problèmes rencontrés, le soin apporté à la fabrication des objets, la fiabilité des mesures effectuées.

2.3 Les moyens mis à disposition des équipes

Les locaux

Les équipes disposent de deux salles dédiées aux projets (salle projet et Fablab) et ont la possibilité d'effectuer, sur demande, certaines opérations au laboratoire de biologie-chimie (salles Bioch) de l'Institut Villebon-*Georges Charpak*. Chaque équipe aura à sa disposition, en salle projet, un établi comprenant un compartiment de stockage muni d'une clé.

Le petit matériel et les outils disponibles

Chaque équipe disposera du même petit matériel de départ, des mêmes réactifs et des mêmes instruments:

- du voile de fibres de carbone
- des cylindres de terre cuite
- des multimètres
- du matériel de protection (gants, lunettes de protection, masques)
- 1 caisse à outils
- 2 imprimantes 3D
- 1 découpeuse laser pour plexi et bois

Des outils sont mis à disposition de toutes les équipes (pelles, seaux, fer à souder, perceuse, visseuse, …). Tout emprunt d'outil électroportatif doit être consigné dans le cahier prévu à cet effet (nom de l'étudiant et matériel emprunté). L'emprunteur est considéré comme responsable du matériel et de son retour. Le matériel doit être rapporté dans des délais raisonnables pour ne pas pénaliser les autres équipes.

Le matériel à commander ou récupérer

Le reste du matériel, en particulier les cuves en plastique, n'est pas fourni.

Les éléments non fournis et nécessaires au projet, doivent provenir de matériaux peu coûteux, voire recyclés, d'usage courant et disponibles dans le commerce.

L'institut Villebon peut rembourser des achats d'un **montant maximal de 50 euros par groupe *(attention ! il n'y aura pas de remboursement sans présentation des justificatifs)***. Le paiement doit avoir été fait en espèces avec établissement d'une facture au nom de l'institut Villebon-*Georges Charpak*. Pour une commande sur internet, s'adresser à Pascal. Toute dépense supplémentaire doit être impérativement justifiée auprès de l'équipe enseignante. Dans certains cas et sur demande uniquement, des produits chimiques de laboratoire pourront être fournis aux équipes.

L'urine et les microorganismes
L'urine et les microorganismes ne sont pas fournis. Les microorganismes doivent être récupérés localement par les équipes (voir consignes de sécurité). **L'idéal serait que toutes les équipes travaillent à partir de la même source de bactéries.**

2.4 La démarche à suivre

Le π project est décomposé en **7 étapes** qui permettent aux équipes de parvenir à réaliser l'objectif final (produire un objet et un article le décrivant). Comme tout projet, le π Project comportera plusieurs phases de travail d'équipe.

2.4.1 Les étapes du π project

Lancement. Le projet commence officiellement le 17 janvier 2025, les équipes sont déjà constituées.

Etape 1 : La dynamique de groupe
Les membres de l'équipe font connaissance, ils échangent sur leurs compétences. Ils mettent ensuite en place une stratégie de fonctionnement. Les décisions et informations issues de ces discussions **(Livrable 1)** seront consignées dans le cahier de labo (aussi appelé cahier de projet ici)**.**

Etape 2 : Bien comprendre le fonctionnement des piles électrochimiques
Avant d'aborder la phase principale du projet sur les PACM, il est essentiel que tous les participants possèdent des connaissances solides concernant le fonctionnement des piles électrochimiques.
La 1ère partie du projet est consacrée à ce travail préliminaire, essentiellement individuel, basé sur le polycopié fourni. Une évaluation écrite permettra de vérifier la bonne compréhension de ces notions **(Livrable 2a)**.
Ces connaissances théoriques seront illustrées au cours d'une séance de Travaux Pratiques, réalisée en équipe, au cours de laquelle une pile de type Daniell sera construite. Cette séance permettra de s'initier aux prises de mesure, méthodologie qui sera utilisée pour la suite du projet sur les PACM. La méthodologie et les résultats obtenus seront consignés dans le cahier de labo sous forme d'un compte-rendu **(Livrable 2b).**

Etape 3 : Bien comprendre le fonctionnement des PACM (Pile à Combustible Microbienne)

Avant de vous lancer dans la reproduction des expériences de l'article-modèle (étape 5), il est important de bien comprendre le principe de fonctionnement des PACM. Un moyen de parvenir à une bonne compréhension du fonctionnement des PACM est de lister leurs particularités par rapport aux piles électrochimiques classiques (vues lors de l'étape précédente). Vous devrez préparer un poster présentant le principe de fonctionnement des piles à combustible microbiennes et leurs applications principales (**livrable 3**). Ce travail sera présenté à l'oral, en utilisant votre poster comme support (**livrable 4**).

Après avoir compris le principe général de fonctionnement des PACM, vous devrez approfondir votre connaissance du domaine en vous documentant sur les différents types de PACM, leur fonctionnement précis, leurs diverses applications ainsi que leurs limites actuelles. Une liste de références bibliographiques, des articles de revue, vous sera fournie sur ecampus. Pour rendre compte de ce travail, vous devrez présenter une synthèse écrite sur le sujet (**livrable 5**).

Etape 4 : Analyse d'articles pour la réalisation du projet

Après avoir accompli l'étape initiale d'acquisition des connaissances théoriques du π Project, vous pourrez effectuer une lecture attentive et analytique de l'article-modèle. Ce travail est capital, il doit vous permettre de planifier en détail les étapes suivantes du projet (matériel nécessaire à la fabrication de PACM fonctionnelles sur le modèle de l'article choisi, procédure détaillée d'assemblage des prototypes, protocoles de mesure à mettre en œuvre, *etc*.). Vous effectuerez une présentation orale de votre analyse d'article (**livrable 6**).

Vous proposerez ensuite une amélioration à apporter à la pile de l'article modèle en vous basant sur la lecture d'autres articles scientifiques. Vous effectuerez une présentation orale de votre proposition (**livrable 7**). Vous vous appuierez sur les améliorations proposées et résultats obtenus par les différents groupes de la promo2026.

Enfin, vous rédigerez les protocoles en vous inspirant des publications lues et établirez un plan d'action de l'équipe en vue de la réalisation de l'objet et de sa version améliorée. Vous présenterez ces points à l'écrit dans votre cahier de labo et oralement (**livrable 8**).

Etape 5 : Réalisation de la partie technique du projet

La troisième étape du projet doit aboutir à la réalisation de l'objet (**livrable 9**). Vous présenterez 2 prototypes prêts à être ensemencés :

- un prototype conforme au plan, c'est le prototype de référence décrit dans la publication-modèle
- un prototype présentant la ou les modifications réalisées en vue d'améliorer les performances de l'objet

Vous réaliserez des mesures des performances de vos PACM. Les mesures commencent dès que les PACM réalisées sont chargées en microorganismes et alimentées en urine. Quelques jours sont parfois nécessaires pour que les piles débitent des courants mesurables. A partir de l'ensemencement, les équipes procéderont à des mesures quotidiennes qui doivent être consignées dans les cahiers de laboratoire. Elles présenteront leurs résultats sous la forme d'un court diaporama (**livrable 10**).

Etape 6 : Présentation finale du projet

L'étape 4 est l'étape de présentation finale du projet. Les équipes devront présenter leurs travaux à l'oral devant jury (**livrable 11**) et sous forme d'un rapport-article (**livrable 12**). Le cahier de labo/projet sera évalué **(Livrable 13)**.

Etape 7

Fin du π Project, phase de clôture du projet, démontage des prototypes et recyclage.

2.4.2 Organisation du travail de projet

Lisez attentivement ce document, prenez connaissance des objectifs à atteindre, des 13 livrables à fournir et du calendrier des échéances avant de vous lancer dans la réalisation du premier livrable.

Un projet comme celui que vous allez mener doit comporter deux phases préliminaires : une phase de lancement et une phase de planification. Consacrez les premières heures de travail en autonomie à ces deux phases importantes de tout projet. Les phases de démarrage et de planification peuvent être re-précisées au début de chaque étape du π project.

1- **La phase de lancement/démarrage** est la première étape pour démarrer le projet. Lors de cette phase, les différents objectifs du projet sont discutés et précisés, les rôles au sein de l'équipe sont distribués et un chef de projet est éventuellement nommé. Le cahier de projet doit comporter la synthèse de ce travail de discussion (**livrable 1a).**

2- **La phase de planification** permet d'aborder et de clarifier ce qui est relatif à la planification du projet. Des procédures sont définies par l'équipe pour gérer son emploi

du temps et respecter les échéances. La synthèse de cette réflexion doit figurer dans le cahier de projet (**livrable 1b**).

Après avoir réalisé les phases préliminaires vous pourrez passer aux phases de mise en œuvre et de maîtrise de votre projet.

3- **La phase de mise en œuvre** est la phase de réalisation des activités du projet. Ces activités permettront de produire les livrables (posters, rapports, objets techniques, article final des étapes 3, 4, 5, 6 du **π** Project)

4- **La phase de clôture** marque la fin du projet (étape 7 du **π** Project). Elle consiste en une discussion, en un recueil des retours d'expériences sur le projet qui permet de tirer des enseignements et d'identifier les progrès à réaliser pour le prochain projet…

2.5 Présentation du calendrier des étapes et des séances

Attention, les dates des séances données dans cette section sont susceptibles d'être modifiées (en particulier les séances en autonomie) ; en cas de doute, vous référer à votre emploi du temps !

ETAPES PRELIMINAIRES DE LANCEMENT DU π PROJECT

Séance de présentation de l'APP : le 17 janvier 2025

ETAPE 1 : DEMARRAGE ET PLANIFICATION DU PROJET

Livrable 1 ; Séances en groupe et *en autonomie*

Dates	*17 janvier* *24 janvier 10h30*
Objectif	Réaliser les phases de démarrage et de planification du **π** Project, produire une synthèse de ce travail dans le cahier de projet/labo **(livrable 1). A commencer dès la 1ère séance de travail en autonomie.**
Consignes	Ce livrable nécessite un temps de travail en équipe avec l'ensemble de ses membres. - Les membres du groupe prennent connaissance des forces et faiblesses de l'équipe - Les rôles au sein de l'équipe sont distribués et un chef de projet est éventuellement nommé (à savoir que la personne assurant ce rôle pourra changer au cours du projet) - Les différents objectifs du projet sont discutés et précisés ; les dates des différents livrables sont notées - Des procédures sont définies par l'équipe pour gérer son emploi du temps et respecter les échéances - L'ensemble de ce travail sera consigné dans le cahier de labo
Evaluation	L'évaluation sera notamment basée sur : - la qualité de la réflexion du groupe concernant les différents points énoncés ci-dessus - le respect des règles d'orthographe et de syntaxe - le respect des consignes (sur contenu et forme) et de l'échéance
Échéance	24 janvier 12h30

ETAPE 2 : COMPRENDRE LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES PILES ELECTROCHIMIQUES

Livrable 2 ; Séances en groupe et *en autonomie*

Dates	*24 janvier 10h30* **27 janvier 8h45 (G2) ou 13h30 (G1),** TP (Cyril) **31 janvier 8h15 (G1) ou 10h30 (G2)**, Formation outils – sécurité (Pascal) **5 février 15h45**
Enseignants	Cyril Dauphin : séance du 27 janvier Pascal Béroule : séance du 31 janvier
Objectifs	Acquérir ou renforcer les notions théoriques et pratiques de fonctionnement des piles électrochimiques et des prises de mesures associées.
Consignes	**Travail individuel :** sur les notions théoriques indispensables présentées dans le polycopié distribué **Compte-rendu de TP** : Le compte-rendu du TP du 27 janvier sera rédigé par le groupe dans le cahier de labo. Il devra présenter les caractéristiques d'un bon compte-rendu de TP comme vu au semestre 1 en DAMS et en Analyses d'expériences. Il comprendra la démarche expérimentale et les courbes obtenues. Il constituera une source d'informations pour la suite du projet et en particulier pour les mesures prises sur les PACM.
Evaluation	L'évaluation portera sur les notions théoriques du poly, pratiques vues en TP et de sécurité. Les éléments pris en compte sont les suivants : **Evaluation écrite** - la rigueur et la précision des réponses et des explications scientifiques - le respect des règles d'orthographe et de syntaxe **Compte-rendu** - la structure du compte-rendu - la clarté de la présentation des montages et mesures effectuées - la justesse scientifique

Échéances à respecter	**26 janvier** : les notions de base (poly) devront être acquises avant le TP **31 janvier** : compte-rendu TP du 27 janvier (dans le cahier de projet) **5 février** : examen écrit individuel (Livrable 2)

2ème PARTIE du π PROJECT :

ETAPE 3 : COMPRENDRE LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES PACM

Livrables 3 et 4 ; Séances en groupe et *en autonomie*

Dates	**5 février : présentation de la seconde partie (PACM)** *6 février 15h45 (G1) ou 7 février 8h15* *11 février 16h* *13 février 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *17 février 15h45* **19 février 10h30 : présentation orale (poster PACM)**
Enseignants	Cyril Dauphin et Martine Thomas : séance du 5 février Cyril Dauphin et Martine Thomas: séance du 19 février
Objectifs	- Comprendre le fonctionnement des Piles à Combustible Microbiennes (PACM) et le présenter sous forme de poster (**livrable 3**). - Préparer la présentation orale du **19 février** sur le fonctionnement de la pile à combustible microbienne (**livrable 4**). - Préparation du rapport 1 (**livrable 5**)
Consignes	**Le poster** (format A1) doit être attractif et facile à lire. Reportez-vous aux consignes données lors des séances de “DAMS”. Utilisez une police facile à lire et une ligne graphique simple (pas plus de 3 couleurs en plus du noir du texte). Le poster projeté sur le tableau des salles de cours devra être lisible sans effort à une distance de 1,5 mètre. Il sera assez peu chargé en texte et comprendra 1 à 3 illustrations. Le titre doit être particulièrement informatif et clair. Le nom des auteurs doit figurer sous le titre. Une brève introduction doit permettre de présenter la problématique. Une conclusion de quelques lignes doit clore le poster. Des références bibliographiques peuvent être données (voir la partie 5 de ce document).

Evaluation	**L'évaluation du poster** sera notamment basée sur : - la qualité formelle du poster et en particulier de ses figures (clarté et lisibilité du document, attractivité, organisation et structure du poster, agencement logique des différentes sections) - la rigueur et la précision des explications scientifiques du poster - le respect des règles d'orthographe et de syntaxe - le respect des consignes (sur contenu et forme) et de l'échéance
Ressources	Dossier bibliographique 1 fourni par les enseignants (disponible sur ecampus)
Échéances à respecter	Le poster doit être déposé sur ecampus **au plus tard le 17 février avant 18h00**. Une version 2 du poster comprenant toutes les corrections suggérées par les enseignants doit être envoyée **au plus tard le 21 février avant 18h**.

Livrable 4 ; Séance de restitution : présentation du fonctionnement de la pile à combustible microbienne

Date	**19 février, 10h30**
Enseignants	Martine Thomas, Cyril Dauphin
Objectif	Présenter à l'oral le fonctionnement de la pile à combustible microbienne en utilisant le poster (livrable 3) comme support.
Déroulement	Chaque groupe présentera son poster en **5 min** et répondra aux questions (l'ordre de passage des groupes sera tiré au sort). Les groupes seront en autonomie dans une autre salle pendant le reste de la séance.
Evaluation	Critères d'évaluation de la **communication orale** : organisation du discours (logique des enchaînements), rigueur et précision des explications scientifiques, réponses aux questions des enseignants, respect des consignes, notamment de temps de présentation.
Ressources	Dossier bibliographique 1 fourni par les enseignants (disponible sur ecampus)

Livrable 5 ; *Séances en groupe et en autonomie* ; principe de fonctionnement des piles à combustible microbienne, designs et applications

Dates	*Du 5 février au 7 mars*
Objectif	Après avoir abordé de manière relativement superficielle le principe de fonctionnement des PACM et éventuellement leurs designs, vous devez maintenant approfondir vos connaissances sur ces objets techniques et **produire un document écrit** pour les présenter (**livrable 5**). Il s'agit là **d'une étape capitale dans la réalisation de votre projet**. A ce moment du projet, **tous les membres du groupe** devront être capables : 1) d'expliquer correctement le principe de fonctionnement des PACM, 2) de comprendre les principales limites techniques de ce type de pile, 3) de présenter les différents designs de PACM développés par les chercheurs et les différents matériaux utilisés pour les électrodes, 4) de présenter les différentes applications des PACM.
A préparer	- Un texte de 5 à 6 pages (**livrable 5**) à déposer sur ecampus **avant le 7 mars 18h**. Le texte devra présenter le principe de fonctionnement des PACM, les designs des PACM, les principales limites techniques, les applications des PACM. Le rapport doit comporter une page de garde, un sommaire, un sommaire des figures. La page de garde doit indiquer : - Numéro de l'équipe - Nom et prénom de chaque membre de l'équipe - Formation (licence ...) et année d'étude

	- Titre du rapport - Logo de l'institut Villebon - *Georges Charpak* - Nom des responsables/enseignants de l'UE (l'ordre alphabétique permet de ne froisser personne). **La contribution détaillée de chaque membre du groupe à la rédaction du rapport (qui a fait quoi ?) devra être clairement donnée à la fin du rapport (voir page 41) et le % de participation déclaré dans le fichier partagé.** Le rapport comportera **des références bibliographiques** bien placées dans le texte ainsi que la **liste complète des références bibliographiques citées** (voir les consignes à propos de la bibliographie, point 5 de ce document). Le texte comportera des figures. **Chaque figure sera numérotée, comportera un titre suivi d'un court texte explicatif (une légende)**. **L'origine des images empruntées à d'autres auteurs devra être précisée** afin d'éviter le plagiat (plagiat=note nulle). - N'oubliez pas de relire les parties que vous n'avez pas rédigées. Cela vous permettra de savoir ce qu'il y a dans le rapport, de corriger la grammaire, l'orthographe, de suggérer quelques modifications si des parties ne vous semblent pas très claires. Il s'agit ici de faire la preuve que vous pouvez "Utiliser un langage conforme aux règles d'orthographe et de syntaxe, aux conventions scientifiques et bibliographiques" et que vous pouvez aussi "Communiquer en structurant votre discours et en organisant logiquement vos propos". Vous devez faire la preuve que vous maîtrisez le principe de fonctionnement des PACM que vous présentez et ne pas écrire de choses fausses.
Evaluation	**Communication écrite** Chaque groupe sera noté par le jury suivant les critères suivants : - qualité formelle du rapport (logique du plan et de la progression du discours, clarté du texte, respect des règles d'orthographe et de syntaxe). Une attention particulière sera portée aux figures et à la **bibliographie** (respect des conventions bibliographiques).

	- rigueur et justesse de l'explication du principe de fonctionnement des PACM, qualité de la synthèse à propos des différents designs et des principales applications des PACM par rapport aux attentes des évaluateurs. - respect des indications fournies par les enseignants et des échéances (en particulier la contribution de chacun à la rédaction du rapport 1).
Échéance à respecter	- Un texte de 5 à 6 pages (**livrable 5**) à déposer sur ecampus **avant le 7 mars 18h**.
Ressources	Dossier bibliographique 1 disponible sur eCampus

ETAPE 4 : ANALYSE D'ARTICLE POUR LA REALISATION DU « π Project»

Livrable 6 ; Séances en groupe et en autonomie / présentation orale ; analyse de l'article modèle

Dates	*20 février 8h45 (G2) ou 10h30 (G1)* *20 février 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *21 février 13h30* **5 mars 13h30**
Enseignants	Cyril Dauphin, Martine Thomas : séance du 5 mars (présentation de l'article **π** , **livrable 6**)
Objectif	Produire une analyse détaillée de l'article-modèle à l'oral (**livrable 6**) permettant de planifier en détail les deux étapes suivantes du projet (matériel nécessaire à la fabrication d'une PACM fonctionnelle sur le modèle de l'article choisi, procédure détaillée d'assemblage des prototypes, protocoles de mesure à mettre en œuvre)
A préparer	**Séances du 5 mars** - analyse d'article (12 min de présentation) **Analyse d'article:** - **Présentation des acteurs et du contexte de la recherche**. La liste des signataires, les adresses institutionnelles, le titre de l'article donnent des informations importantes. Donnez le titre de l'article, la revue et l'année de publication, la thématique ou le sujet de l'article, nommez les chercheurs signataires, le lieu de recherche, cadre de la recherche, le financement. - **Présentation de la problématique**. La lecture de l'introduction doit permettre d'identifier la question, les objectifs ou les hypothèses de recherche des auteurs et de comprendre comment se situent les travaux présentés grâce au rappel des principales données connues sur le sujet. Présentez le problème abordé par les auteurs, la manière dont le problème est formulé (entonnoir), le ou les objectif(s) précis des auteurs.

	- **Présentation de la méthodologie utilisée**. La lecture attentive des matériels et méthodes doit vous permettre de recueillir des informations importantes pour l'analyse de l'article mais aussi pour la suite de votre projet. Présentez les piles assemblées (matériaux, assemblage, nature des électrodes, agencement des piles au sein du dispositif complet). Mentionnez les mesures effectuées pour évaluer les performances des PACM, les procédés choisis pour collecter des données, etc… - **Présentation des résultats expérimentaux.** Le résumé et surtout la partie "Résultats" constituent le cœur de l'article. Lors de votre lecture, procédez à l'examen systématique des résultats présentés. Présentez l'enchaînement logique des résultats présentés (le cheminement) en choisissant les figures principales de l'article. Le résumé peut vous aider à sélectionner ce qui est le plus important selon les auteurs. - **Présentation de la discussion.** Présentez le plan général de la discussion, en soulignant plus particulièrement les conclusions principales de l'article selon les auteurs (le résumé peut vous aider). - **Présentation de la liste des références bibliographiques** : présentez simplement le nombre de références bibliographiques et le nombre de références par section de l'article.
Déroulement	**Séance du 5 mars:** Les groupes passent les uns après les autres après établissement de l'ordre de passage par tirage au sort. Les autres groupes sont en autonomie. Chaque membre d'un groupe doit pouvoir présenter l'article et répondre aux questions du jury. La présentation de chaque point est susceptible d'être tirée au sort avant l'oral. Des questions seront posées sur le plan d'action du groupe à court terme. Les **cahiers de laboratoire** seront remis aux enseignants pendant la séance.

Evaluation	**Communication orale** Critères: clarté de l'exposé, structure de l'exposé et organisation logique des propos, rigueur scientifique, précision du plan du prototype. **Résolution de problèmes par une approche scientifique** Formulation de la problématique et des hypothèses de l'article analysé, compréhension d'un article scientifique tenue du cahier de laboratoire
Ressources	Article fourni (Bibliographie 2 sur ecampus)
Echéance	Présentation orale du 5 mars

Livrable 7 ; Séances en groupe et *en autonomie* / présentation orale ; proposition d'une amélioration de la PACM

Dates	*6 mars 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *7 mars 15h45* *11 mars 16h* **12/3 8h15**
Enseignants	Cyril Dauphin, Martine Thomas, Pascal Béroule : séance du 12 mars (présentation de l'amélioration proposée, **livrable 7**)
Objectif	En vous inspirant de la lecture de plusieurs articles de la littérature, proposer une amélioration facilement réalisable de la PACM de l'article Gajda 2018 (**livrable 7**).
A préparer	**Séance du 12 mars : synthèse de la réflexion concernant l'amélioration proposée (5 min de présentation).** Il va falloir faire du brain storming. **Le fruit de cette réflexion devra être présenté en dernière partie de votre oral de 5 minutes.** Vous assemblerez 6 unités/piles. Sur ces 6 unités, 3 unités identiques devront permettre de tester une solution d'amélioration des performances. Inspirez-vous de ce que vous lirez dans la littérature

scientifique, en commençant peut-être par les articles ultérieurs des auteurs de l'article modèle. Vous pouvez proposer, par exemple, une idée d'amélioration de l'anode (surface différente, matériaux différents, assemblage ou nature différente du collecteur d'électrons, ...), ou bien une idée d'amélioration de la cathode (matériaux différents, catalyseurs différents ou matériaux autres dans le sandwich, assemblage différent, dispositif de maintien contre la paroi de terre cuite, ...), ou bien encore une idée d'amélioration du design des piles unitaires (ajout de dispositifs permettant d'assurer des conditions anaérobies au niveau des anodes, d'améliorer la circulation de la matière organique vers l'anode, ...)...

Expliquez simplement à **quel problème** vous vous voulez vous attaquer, **quelles solutions** sont possibles et **quelle idée** vous voulez tester en vous appuyant pour cela sur la **littérature scientifique.**

Pour vous aider, voici des exemples de ce que vous pourriez dire/écrire.

Exemple 1

La faible cinétique des réactions chimiques à la surface des électrodes des PACM est responsable de pertes d'activation relativement importantes (le problème)*. Un moyen de limiter ce problème, à faible coût, est d'utiliser des catalyseurs de la réaction de réduction du dioxygène à la cathode comme le charbon actif (*une solution*). Dupont et Dupond ont montré en 2020* (la littérature*) que le composé X, un catalyseur carboné bon marché des réactions de réduction du dioxygène, augmentait significativement les performances de leurs piles à combustible... Notre proposition est ici d'inclure X dans la fabrication des cathodes de PACM à paroi de terre cuite comme celles décrites par Gajda et collaborateurs (l'idée). L'analyse comparée des courbes de polarisation et de puissance des PACM standards et des PACM utilisant X à la cathode devrait nous permettre d'évaluer l'intérêt d'utiliser X pour améliorer les performances de ce type de pile (*ce que vous allez tester*).*

Exemple 2

Le transfert des électrons des bactéries à la surface de l'anode est une étape clef de la performance des PACM (le problème). *De nombreux essais de designs et de matériaux ont été réalisés ces dernières années pour accroître la surface spécifique de l'anode, l'attachement des bactéries au support, la cinétique de transfert d'électrons à l'anode et ainsi améliorer les performances des PACM (des solutions possibles). Une solution simple et peu coûteuse consiste à utiliser des granules ou des microgranules microporeux de charbon dont la structure tridimensionnelle permet notamment d'augmenter la surface de contact entre le biofilm bactérien et l'électrode. Dupont et Dupond ont montré en 2020 (la littérature) qu'une PACM dont l'anode est constituée de granules de charbon actif et... présentait une densité de puissance relativement élevée... Notre proposition est ici d'assembler ce type d'anode sur des PACM à paroi de terre cuite comme celles décrites par Gajda et collaborateurs (l'idée). L'analyse comparée des courbes de polarisation et de*

	puissance des PACM à anode ainsi modifiée et à anode standard en voile de carbone devrait nous permettre d'évaluer l'intérêt de telles anodes pour améliorer les performances de ce type de pile (ce que vous allez tester). Attention, il ne s'agit ici que d'exemples de formulation. Il y a une infinité de problèmes et d'idées à tester, vous pouvez faire preuve d'imagination. N'hésitez pas à nous écrire si vous avez besoin d'un feedback de notre part pour cette dernière partie en particulier. Nous sommes là pour vous aider.
Déroulement	**Séance du 12 mars :** Les groupes passent les uns après les autres après établissement de l'ordre de passage par tirage au sort. La réflexion sur les aspects pratiques de la construction d'objet envisagée sera poursuivie avec chaque groupe lors de la séance du **19 mars**.
Evaluation	**Communication orale** Critères: clarté de l'exposé, structure de l'exposé et organisation logique des propos, rigueur scientifique, précision du plan du prototype. **Organisation du travail de projet** Critères **:** faisabilité du projet (compte tenu de la durée du projet, de l'expérience des manipulateurs, des moyens techniques et matériels) **Résolution de problèmes par une approche scientifique** Formulation de la problématique et des hypothèses pour l'amélioration proposée, prise en compte des contraintes initiales du projet, pertinence des solutions techniques proposées.
Ressources	Articles fourni (Bibliographie 3 sur ecampus) et tt autre article approprié que vous aurez trouvé
Echéances	Présentation du 12 mars

Livrable 8 ; Séances en groupe et *en autonomie* / présentation orale ; écriture des protocoles et établissement du plan d'action pour la réalisation des prototypes (assemblage et mesures)

Dates	*13 mars 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *14 mars 8h15 (G1) ou 10h30 (G2)* *19 mars 10h30* **19 mars 15h45-19h**
Enseignants	Cyril Dauphin, Martine Thomas, Pascal Béroule : séance du 19 mars (présentation des protocoles d'assemblage et de mesure dans les cahiers de labo, **livrable 8**)
Objectif	Planifier en détail les étapes suivantes du projet d'assemblage et de mesure (matériel nécessaire à la fabrication de PACM fonctionnelles sur le modèle de l'article et de l'amélioration choisie, procédure détaillée d'assemblage des prototypes, protocoles de mesure à mettre en œuvre)
A préparer	**Séance du 19 mars :** - synthèse du travail de planification de l'étape 3 du projet (5 min de présentation, cahier de labo à présenter). Voici, pour vous aider, une liste non exhaustive des questions que vous devez vous poser avant de préparer votre synthèse. Ces questions vous permettront d'avancer dans votre réflexion générale et de mieux assurer la présentation. **Quelles PACM ont été construites?** • Quels matériaux et réactifs ont été utilisés par les auteurs pour construire les PACM? Comment sont agencés les différents éléments constituant chaque pile et comment sont agencées les piles au sein du dispositif complet? • D'où proviennent les bactéries et l'urine utilisées? Comment l'urine est-elle collectée et stockée? Comment alimente-t-elle les PACM? **Quelles mesures ont été réalisées et comment?** • Qu'est-ce qui a été mesuré? Comment ont été évaluées les caractéristiques des PACM? Quels instruments ont été

utilisés? Quels protocoles ont été mis en œuvre? Peut-on les reproduire facilement?

Quels sont les moyens dont l'équipe dispose?

- Quel est le matériel disponible ou récupérable à proximité? Comment et avec quel délai commander le matériel qui doit être trouvé dans le commerce?
- Quels instruments sont disponibles?
- Quels autres moyens techniques doit-on rassembler? Quels outils (outils à main, outils électroportatifs, imprimante 3D)? Quels plateaux techniques en dehors de l'Institut (Fablab, atelier familial) peut-on utiliser?

Comment va faire l'équipe pour atteindre les objectifs fixés (livrables suivants) ?

- Quelle procédure d'assemblage mettre en œuvre? Quel sera l'ordre de fabrication et d'assemblage des composants des PACM ? Comment seront assemblées les différentes pièces ?
- Quel protocole de mesure sera utilisé?

Votre présentation devra comporter les 3 points suvants:

- **protocole d'assemblage des piles unitaires** (de référence et améliorées)

- présenter les plans de montage des PACM unitaires et de leurs branchements dans les super-piles prototype complet

- présenter le protocole (illustré) de fabrication des électrodes, des cathodes en particulier (penser à rechercher les informations manquantes dans les articles antérieurs et ultérieurs des auteurs)

- présenter le protocole de collecte, de stockage de l'urine et d'alimentation des PACM (quel volume d'urine à quelle fréquence)

- présenter brièvement le protocole d'ensemencement des PACM par les microorganismes

- **Protocole de mesure** (mesures quotidiennes permettant de faire le suivi de l'évolution de la tension à vide et de la puissance aux bornes des piles unitaires); instruments et protocoles

	- **Planification du travail de l'équipe;** aspects organisationnels du travail, utilisation de moyens facilitant le travail d'équipe, modalités de conduite du projet mises en place.
Déroulement	**Séance du 19 mars :** Les groupes passent les uns après les autres pour présenter leur cahier de labo, après établissement de l'ordre de passage par tirage au sort. Des questions seront posées sur le plan d'action du groupe à court terme, celui-ci doit être clairement établi.
Evaluation	**Organisation du travail de projet** Critères **:** faisabilité du projet (compte tenu de la durée du projet, de l'expérience des manipulateurs, des moyens techniques et matériels), précision de la planification, organisation du travail, utilisation de moyens facilitant le travail d'équipe, modalités de conduite du projet mises en place. **Résolution de problèmes par une approche scientifique** Formulation de la problématique et des hypothèses de l'article analysé, tenue du cahier de laboratoire, prise en compte des contraintes initiales du projet et choix techniques effectués, pertinence des solutions techniques proposées, élaboration des protocoles de mesure.
Ressources	Articles fournis précédemment
Echéances	Séance du 19 mars

ETAPE 5 : REALISATION DU PROJET (CONSTRUCTION DU PROTOTYPE ET MESURES)

Livrable 9 ; Séances en autonomie

Dates	*20 mars 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *21 mars 15h45* *24 mars 15h45* *25 mars 15h45* *26 mars 13h30 et 15h45* *27 mars 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)* *28 mars 15h45* *1 avril 15h45* *8 avril 15h45* *10 avril 13h30 (G2) ou 15h45 (G1)*
Ressources	Matériel. Accès à quelques cahiers de labos de l'année précédente.
Objectif	Construction des prototypes

Séance de chargement de la pile microbienne en microorganismes

Date	**11 avril** (chargement en microorganismes)
Enseignants	Cyril Dauphin, Martine Thomas, Pascal Béroule
Objectif	Vérification des prototypes vides **(livrable 9)** et chargement en microorganismes.
A préparer	Pour cette séance, **nous vous demandons de venir avec un prototype prêt à être rempli par des microorganismes**. L'objectif pour vous est de remplir la pile microbienne au cours de la séance. Cela implique donc de venir avec de quoi la remplir !
Déroulement	Les enseignants passent voir les groupes les uns après les autres pour faire un premier bilan de la construction des prototypes.

Evaluation	cahier de labo
Ressources	Matériel. Accès à quelques cahiers de labos de l'année précédente.

Mesures quotidiennes

Dates	*Période du 11 avril au 6 mai* **18 avril 13h30 et 15h45 : Séance courbes de polarisation**
Enseignant	Cyril Dauphin (séance du 18 avril après-midi)
Objectif	Mesures (des relevés quotidiens doivent être réalisés). Préparation de la présentation du **7 mai**

Livrable 10 : Etablissement des courbes de polarisation, présentation du prototype en état de marche et mise en place d'une super pile

Date	**7 mai après-midi**
Enseignant	Cyril Dauphin, Pascal Béroule
Objectifs	Présenter (oral) un prototype **en état de marche à l'aide d'un court diaporama présentant les premiers résultats (livrable 10)** Présenter les mesures réalisées (des relevés quotidiens doivent être réalisés). Mettre en place une super-pile réunissant les piles unitaires de chaque catégorie (de référence et améliorées)
A préparer	La présentation orale de **5 min** doit comporter une représentation des PACM (schéma, photo annotée), les différentes parties doivent être clairement indiquées, les matériaux utilisés et les dimensions doivent être précisés. Un **protocole de mesure** clair doit être présenté à l'oral ainsi que dans les cahiers de labo. La présentation doit montrer les performances du prototype (les résultats des premières mesures).

Déroulement	Les groupes passent devant les enseignants les uns après les autres. Si la PACM n'est pas fonctionnelle, les équipes doivent proposer un plan d'action pour remédier rapidement aux problèmes rencontrés.
Evaluation	L'évaluation portera sur les points suivants : **1) Communication écrite et orale** - mise en forme, lisibilité de la présentation - respect du temps de parole (5 minutes) - précision, clarté et structuration du discours - respect des conventions (symboles, bibliographie) **2) La démarche scientifique** - rigueur et exactitude des explications scientifiques et techniques en référence à la littérature - qualité, précision, rigueur des données présentées - qualité et pertinence des représentations des résultats expérimentaux (histogrammes, courbes, tableaux, etc.) - qualité de l'analyse des résultats (respect des précautions d'interprétation) - gestion des problèmes techniques - tenue du cahier de laboratoire **3) Le travail de projet** - respect du planning fixé par les encadrants et par le groupe - organisation du travail au sein du groupe - participation au travail collectif

ETAPE 6 : SOUTENANCE FINALE

Séance : Soutenance finale (Livrable 11)

Date	**28 mai 8h15-12h30**
Enseignants	Pascal Béroulé, Cyril Dauphin, Martine Thomas
Déroulement	Vous présenterez tout votre travail du semestre à l'oral pendant 12 minutes devant les membres du jury et vos camarades.
Evaluation	L'évaluation portera sur les quatre points suivants: **1) Communication orale et écrite** - mise en forme, lisibilité des supports projetés, structure du discours, clarté de la présentation orale, organisation des propos, respect (contenu, durée et forme) des consignes. **2) La démarche scientifique** - la qualité, précision, rigueur des données présentées - la qualité et pertinence des représentations des résultats expérimentaux (histogrammes, courbes, tableaux, etc.) - la qualité de l'analyse des résultats (respect des précautions d'interprétation) - la qualité de l'interprétation des résultats (en particulier écart par rapport à la théorie) - pistes d'améliorations proposées
Autres échéances	Les articles sont à rédiger entre le 16 mai et le 27 juin en tenant compte des remarques faites par le jury lors de la soutenance du **28 mai**. Ils sont à envoyer avant le **30 juin 20h**. Voir les recommandations ci-dessous (point 2.6). Les cahiers de labo **(Livrable 13)** sont à présenter lors de la soutenance finale (2 juin) et à rendre au plus tard le **30 juin** en tenant compte des remarques éventuelles faites par le jury le 28 mai.

ETAPE 7 : DEBRIEFING

Séance : bilan et retour sur le travail effectué et démontage des prototypes pour recyclage

Date	Sera précisée ultérieurement (probablement 2 premières semaines de septembre 2025)
Enseignante	Martine Thomas
Objectif	Bilan et retour sur le travail effectué *Cette évaluation sera intégrée dans la grille MCPS de L2.*

2.6 Rédaction du rapport final (article, livrable 12)

La rédaction du rapport final constitue une partie importante du travail et de l'évaluation du **π** Project. Vous devez vous inspirer de l'article-modèle pour écrire, en français, un article qui doit présenter votre propre travail. L'analyse d'article approfondie que vous avez effectuée doit vous permettre de mettre en œuvre une démarche d'amélioration de l'article-modèle. Vous pouvez améliorer l'introduction, les matériels et méthodes, la présentation des résultats sous forme de figures. **La discussion doit comparer vos résultats à ceux de l'article-modèle.**

Votre article doit être placé après une page de garde. Il doit aussi comporter un **résumé** (300-350 mots) et une liste de **références bibliographiques** comme dans l'article-modèle ainsi qu'**un bilan du travail de projet en groupe**.

La page de garde doit comporter les éléments suivants :

- Titre de l'article
- Nom (lettre) de l'équipe
- Nom et prénom de chaque membre de l'équipe
- Formation (licence ...) et année d'étude
- Logo de l'institut Villebon - *Georges Charpak* et des établissements fondateurs
- Noms des responsables/enseignants de l'UE (l'ordre alphabétique permet de ne froisser personne).

Quelques conseils

- N'oubliez pas de relire les parties que vous n'avez pas rédigées. Cela vous permettra de savoir ce qu'il y a dans l'article, de **corriger la grammaire, l'orthographe**, de suggérer quelques modifications si des parties ne vous semblent pas très claires. Il s'agit ici de faire la preuve que

vous pouvez "Utiliser un langage conforme aux règles, aux conventions, aux usages" et que vous pouvez aussi "Communiquer en organisant logiquement votre propos".

- Point important : nous détectons très bien ce qui est copié-collé dans vos manuscrits. Cette pratique est considérée comme de la **fraude scientifique** si vous ne citez pas l'auteur quand vous lui empruntez un paragraphe ou même une phrase. C'est, de nos jours, une faute très grave pour les scientifiques et les enseignants.

3 Consignes d'hygiène et sécurité

Chaque semaine une équipe différente sera responsable du rangement la salle projet et si besoin du FabLab ainsi que du respect des consignes de sécurité pendant les créneaux en autonomie.

Vous trouverez ci-dessous une liste non exhaustive des règles élémentaires d'hygiène et sécurité. Il s'agit le plus souvent de **faire preuve de bon sens et d'attention aux autres**.
N.B. Il est indispensable que tous les étudiants aient suivi la formation d'utilisation des outils dispensée par Pascal Béroule le 31 janvier.

3.1 Respecter les consignes de sécurité de la salle de TP !

- porter impérativement une blouse fermée, ne pas courir, ranger sa paillasse, ranger son sac à dos sous sa paillasse,
- ne pas boire, ne pas manger, ne jamais pipeter à la bouche, ne rien porter à sa bouche (les fumeurs doivent impérativement se laver les mains lors des pauses cigarette), se laver les mains en fin de séance
- utiliser la hotte aspirante si besoin -utilisation de colles et de solvants-, utiliser des gants jetables si nécessaire, ne jamais remettre un produit dans sa bouteille d'origine, étiqueter tous les flacons (nom, concentration, date)
- nettoyer impérativement la surface sur laquelle vous avez travaillé et ranger soigneusement la paillasse à la fin de votre activité.

3.2 Les microorganismes ne doivent pas être récupérés dans un lieu privé sans autorisation et/ou difficile d'accès et présentant un danger potentiel. Soyez deux au minimum pour réaliser cette tâche. Si nécessaire, demandez une autorisation ou adressez-vous à une personne autorisée qui peut vous aider. Consultez obligatoirement un enseignant référent pour avoir son feu vert avant de vous lancer dans cette phase du projet.
Les boues et autres sources de microorganismes doivent être manipulées obligatoirement avec des gants. Des gants jetables seront fournis à tous les groupes, ainsi que des solutions bactéricides pour le nettoyage des mains. Des sacs plastiques étanches, des boîtes avec couvercle doivent être utilisés pour le transport et le stockage. Les sources de microorganismes doivent être stockées dans des récipients fermés. Changez-vous et lavez vos vêtements s'ils ont été souillés. Les piles chargées de microorganismes doivent être stockées en salle projet.

3.3 L'urine doit être collectée selon un protocole rigoureux et éventuellement stockée au congélateur. Nettoyez soigneusement tous les récipients et toutes les surfaces ayant été en contact avec de l'urine. Ne laissez pas de fuites s'installer.

3.4- Les outils tranchants (cutter, perceuse, scie, …) doivent être utilisés conformément aux consignes données lors de la formation spécifique que vous avez reçue. Ne les utilisez jamais en étant seul. Notez dans le cahier prévu à cet effet votre nom, votre groupe le jour et l'heure de l'emprunt et l'heure de retour du matériel électroportatif que vous empruntez. Le fer à souder doit être utilisé en présence d'un enseignant.
Utilisez les lunettes de protection et un masque anti-poussière quand vous utilisez la perceuse-meuleuse Dremel.

3.5- Les appareils électriques (fer à souder, bain-marie, etc.) doivent être débranchés après utilisation et obligatoirement le soir avant la fermeture de l'Institut.

3.6- Certains produits potentiellement toxiques doivent être manipulés avec précaution. Évitez de vous mettre de la colle cyanolite sur la peau (utilisez des gants), manipulez les colles PVC dans un lieu aéré ou sous la hotte chimique du laboratoire. Ne faites pas brûler de matières plastiques, sources d'émanations toxiques.

4 Le cahier de laboratoire (Livrable 13)

Vous devez impérativement tenir un cahier de laboratoire/projet. Le cahier doit être remis aux enseignants à chaque séance et remis aux membres du jury le jour de la soutenance du projet.

4.1 A quoi sert un cahier de laboratoire ?

Tout scientifique ou ingénieur tient à jour une documentation sur son travail de recherche sous la forme d'un document appelé « cahier de laboratoire », « cahier de labo » ou « cahier de projet ». Cette activité permet d'assurer un **suivi chronologique** des tâches techniques effectuées et des idées liées à l'exécution d'un projet. Le cahier est un outil indispensable pour le chercheur qui peut retrouver facilement les résultats de ces travaux et peut s'avérer un document légal important pour des questions relatives à la propriété intellectuelle.

Vous avez déjà été initiés à la tenue d'un cahier de laboratoire durant la semaine de projet Charpak. Il s'agit maintenant d'appliquer ce savoir-faire pendant les 6 mois de ce projet. Chaque équipe doit impérativement posséder et maintenir à jour un cahier de labo collectif. Tous les membres de l'équipe doivent participer à la rédaction du cahier. Il est demandé que l'auteur de la rédaction d'une page du cahier signe en bas de cette page de manière lisible (prénom). Les enseignants du jury peuvent demander ces cahiers lors de chaque entretien oral, il est donc important pour les étudiants d'y porter une attention particulière et régulière. Ce travail fera l'objet de plusieurs notes intermédiaires et d'une note finale.

4.2 Contenu du cahier de laboratoire

Le cahier de labo devra contenir **toutes les idées de conception et tous les résultats expérimentaux** générés lors du projet. Il peut ainsi contenir des tableaux, des dessins, des calculs, des graphiques, des diagrammes, des notes manuscrites, des notes de réunion, des copies de documents externes et des formulaires qui peuvent tous s'y retrouver directement ou sous forme de copie lorsqu'il s'agit d'une version papier (voir figures 2 et 3). De plus, il contiendra ici un relevé des temps passés sur les diverses activités documentées du projet.

4.3 Forme du cahier de laboratoire

Dans le cadre de ce projet, le cahier collectif sera sous format papier (un cahier de laboratoire traditionnel vous sera fourni en début de projet). Les pages doivent être numérotées.

4.4 Organisation du cahier

La page de garde ainsi que la première page doivent contenir les informations relatives à l'équipe (ou à l'étudiant) propriétaire du cahier de labo. Le nom, le prénom, les coordonnées de chaque membre de l'équipe, le numéro de l'équipe et le titre du projet doivent figurer sur la page de garde. Les règles de fonctionnement convenues entre les membres de l'équipe lors du démarrage du projet doivent être inscrites sur la première page. Le cahier doit contenir ensuite une table des matières. Cette table des matières précise le numéro de la page où l'information signalée débute. Le but premier de cette table des matières est de faciliter la recherche d'information dans le cahier, il faut donc la maintenir à jour dès le début et durant toute la durée du projet. Il est fortement conseillé aux étudiants qui utilisent une version papier de laisser des pages blanches au début du cahier afin de conserver la place nécessaire pour rédiger, au fur et à mesure, la table des matières. Les informations sont ajoutées régulièrement dans le cahier de façon chronologique. Les inscriptions doivent se faire en temps réel. Les dates doivent figurer sur chaque page pour aider le lecteur à suivre le déroulement du travail et lui permettent de naviguer facilement dans le cahier.

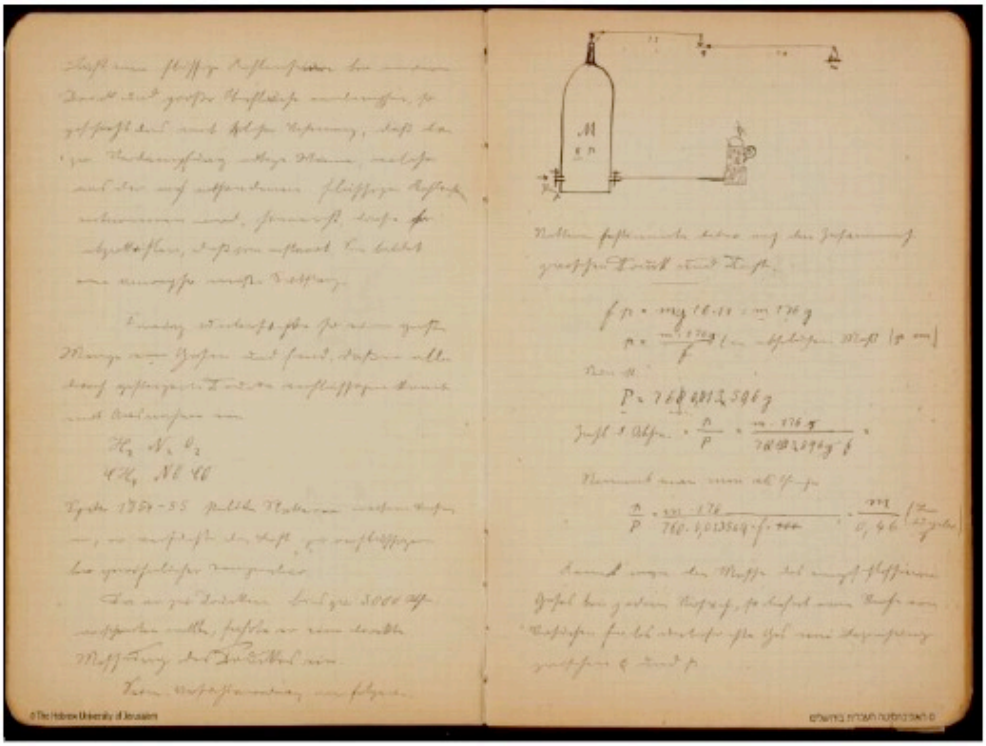

Figure 2 : une page du cahier de laboratoire d'Albert Einstein. Le cahier comporte du texte, des schémas et des calculs.

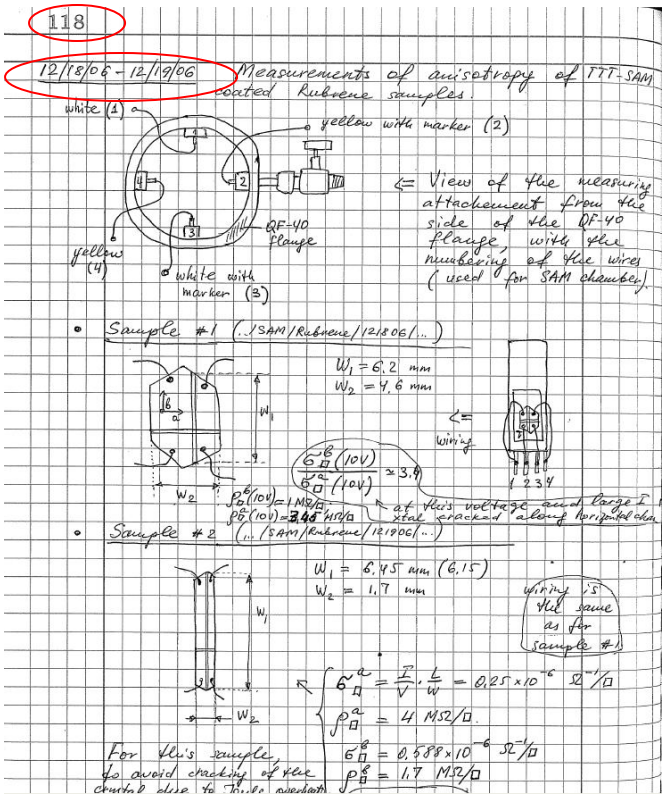

Figure 3 : une page d'un cahier de laboratoire classique. Cette page est numérotée et la date y est indiquée (cercles rouges). Elle comporte un titre, des dessins et des calculs.

5 Recherches et références bibliographiques

Le travail de recherche et l'écriture d'un texte scientifique (rapport, article, thèse,…) suppose toujours **une recherche minutieuse d'informations inspirantes et fiables ou jugées comme tel par la communauté scientifique**. Cette recherche de sources fait partie intégrante de la démarche scientifique.

Le travail de recherche scientifique s'appuie presque toujours sur des travaux antérieurs de scientifiques, des travaux qui ont été publiés, enregistrés et validés par la communauté de leurs collègues. Dans un texte ou un discours scientifique, les références bibliographiques renvoient ainsi, par-delà le temps et l'espace, à des données validées par des experts, des pratiques acceptées, des laboratoires et des collègues reconnus. Elles relient le discours présent à d'autres discours passés et d'autres chercheurs reconnus par des communautés scientifiques.

Les références que vous retiendrez (après lecture) et que vous citerez seront peut-être d'abord une précieuse source d'inspiration pour vos propres travaux. Elles pourront vous donner une indication de ce qui a été fait avant vous (et qui n'est peut-être plus à faire) et **attester**, auprès de vos lecteurs, **que vous connaissez et reconnaissez ce qui a été fait dans votre domaine de recherche**. Elles fourniront aussi aux lecteurs la possibilité d'aller plus loin dans la compréhension de votre domaine de recherche. Chacune de ces références constituera non seulement une base solide sur laquelle pourront reposer vos travaux mais elle contribuera aussi à la crédibilité scientifique de ces derniers. Les références bibliographiques peuvent être de puissants alliés sur lesquels vous devez vous appuyer pour convaincre.

Nous vous fournissons un dossier bibliographique comprenant plusieurs articles sur les PACM.
Vous pouvez utiliser d'autres sources bibliographiques pourvu qu'elles soient fiables : articles de synthèse dans des revues scientifiques, manuscrits de thèse, textes de présentation des laboratoires de recherche. Les manuscrits de thèse (en français) comportent une introduction qui peut constituer une bonne synthèse sur les sujets qui vous intéressent. Attention de ne pas vous perdre dans les détails, choisissez dans un premier temps des documents synthétiques.

Citer ses sources n'est pas seulement un moyen d'informer et convaincre ses lecteurs, il s'agit aussi d'une obligation morale pour tout chercheur. Ne pas se plier à cette règle revient à faire du plagiat, autrement dit à commettre une faute grave.

De même, l'utilisation de l'IA, sans le signaler et préciser la méthodologie utilisée, est également considéré comme une faute grave.

Le plagiat est la reprise à son propre compte, de toute information, sans en mentionner la source (provenance) adéquatement.

5.1 Comment mentionner des travaux ou citer des auteurs dans votre texte

Lorsque vous mentionnez un concept important développé par certains auteurs dans des articles ou des ouvrages, lorsque vous évoquez des travaux expérimentaux importants pour votre propre travail, vous devez renvoyer vos lecteurs vers la référence bibliographique correspondante. **Attention, il ne faut citer que les documents sur lesquels vous vous êtes appuyés (et que vous avez lu) pour rédiger vos travaux**.

Pour renvoyer le lecteur vers la référence bibliographique, plusieurs solutions sont possibles. Nous vous demandons ici de présenter **impérativement vos références bibliographiques selon le système Harvard (alphabétique)** : Le classement des auteurs est alphabétique à la section "Références bibliographiques" et les références sont non numérotées. Les références sont appelées dans le texte par le nom du premier auteur et l'année de parution de l'article cité.

Exemple :
(Logan, 2009) si un seul auteur
(D'Hauteville et Sirieix, 2007) si 2 auteurs seulement
(Logan *et al.*, 2018) si plus de 2 auteurs

Si vous voulez faire une citation textuelle (citer une partie de texte), cette citation doit être retranscrite fidèlement et placée entre guillemets. Respectez la ponctuation, les majuscules, les fautes ainsi que la mise en forme (gras, italique, souligné). La citation doit toujours être suivie de : (auteur(s), année, page).

5.2 Comment rédiger une liste des références bibliographiques

Afin de permettre aux lecteurs d'identifier clairement et de retrouver facilement les références citées dans le texte, il convient de référencer correctement les travaux cités en rédigeant **une partie intitulée "Références bibliographiques"**. Cette partie va permettre au lecteur de juger votre travail ou de s'informer d'avantage sur certains points.

La rédaction des références diffère selon le type de document cité. Une référence bibliographique :

- varie selon le type (ouvrage, articles, congrès…) et le support (papier, en ligne, cédérom…) du document,
- est constituée d'éléments (auteur, titre, édition…) indispensables au bon signalement. Ces éléments doivent respecter un ordre précis. Pour retrouver les éléments d'une référence bibliographique, les principales sources sont les pages de titre et de couverture des documents.
- doit être présentée de façon homogène dans le style choisi pour chaque élément.

Nous vous proposons ici un style assez classique de présentation des références bibliographiques. Nous vous demandons de le respecter pendant toute la durée de l'APP.

D'une manière générale, il faut respecter les règles du traitement de texte : pas d'espace avant le point et la virgule, mais un espace après, un espace avant et après le point-virgule et le deux-points, pas de majuscule ou d'abréviation non justifiées.

Pour les auteurs, citez ici le nom et l'initiale du prénom.
Pour la pagination : première et dernière page précédées ou non de p. p. 375
= seulement la page 375
p.375-381 ou 375-381 = pages 375 à 381
375 p. = document de 375 pages

5.2.1 Articles de périodiques

Si le nombre d'auteurs est supérieur à 3, ne citez que les 3 premiers suivis de « et al. ».
Si le ou les auteurs sont des auteurs personnes morales ou collectivités auteurs (par exemple : AFNOR…) citez-le ou les en tant qu'auteurs, mais en développant le sigle.
Si vous choisissez de reporter les titres des périodiques en abrégé, conformez-vous aux abréviations normalisées des revues scientifiques et choisissez de tout rédiger en abrégé ou de tout rédiger en développé dans la bibliographie.

Nom, Initiale du Prénom. (Année). Titre de l'article. Titre du périodique, vol. (n°), intervalle de pagination.
Exemple :
Logan, B. (2009). Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. Nature Reviews, (7), 375-381.

Pour un article accessible en ligne :
Nom, Initiale du Prénom (Année). Titre de l'article. Titre du périodique [en ligne], vol. (n°), (date de la consultation) <URL>

5.2.2 Monographies, parties de monographies, collectivités auteur

- ***Monographies***

Nom, Initiale du Prénom. (Année d'édition). Titre de l'ouvrage : sous titre. N ième édition. Tomaison. Ville d'édition: Editeur. nombre de vol., nombre de pages. (Nom de la collection ; n° dans la collection)
Exemples :
Ménard, C. (2004). L'économie des organisations. Paris : La Découverte. 123 p. (Repères)

Lefebvre, E., Pourcelot L. (1991) Echographie musculo-tendineuse. 2e éd. Paris : Masson, 133 p. (Collection d'imagerie radiologique)

- ***Chapitre de monographies***

Nom, Initiale du Prénom de l'auteur du chapitre (Année). Titre du chapitre. In : Editeur(s) scientifique(s) de l'ouvrage (eds). Titre de l'ouvrage. Lieu d'édition : Editeur, intervalle de pagination.

Exemple:

D'Hauteville, F., Sirieix, L. (2007). Comprendre la consommation du vin en 2005. In : Couderc,J.P., Hannin, H., D'Hauteville,F. et al. (eds). Bacchus 2008. Paris : Dunod, 105-135

- ***ouvrage collectif : ajouter une fonction d'éditeur***

Nom, Initiale du Prénom. fonction (Année d'édition). Titre de l'ouvrage : sous titre. N ième édition. Lieu de publication : Editeur, Pagination (Nom de la collection ; n° dans la collection)

Exemples :

Lemerle J. éd. (1989). Cancers de l'enfant. Paris : Flammarion, 676 p. (Encyclopédie des cancers ; 3)

Zuindeau, B. éd. (2010). Développement durable et territoire. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, 517p. (Environnement et société)

5.2.3 Thèses

- *Cas des thèses* de doctorat d'université, format *papier*

NOM, Initiale du Prénom. (Année). Titre de la thèse ou du mémoire. Type de document : Spécialité. Lieu de soutenance : Université de soutenance, nombre de pages.

Exemple :

Mainka, J. (2011). Impédance locale dans une pile à membrane H2/air (PEMFC) Etudes théoriques et expérimentales. Thèse de doctorat d'université. Nancy : Université Henri Poincaré - Nancy 1, 315p.

Sidibe, Y. (2009). La tarification de l'eau d'irrigation. Mémoire Master Recherche : Agriculture, Alimentation et Développement Durable – A2D2. Montpellier : Montpellier SupAgro, 69 p.

- *Cas des thèses de doctorat électroniques*

NOM Initiale du Prénom. (Année). Titre de la thèse. [En ligne]. Discipline. Lieu de soutenance : Université de soutenance, année de soutenance. Disponible sur : URL (page consultée le jour/mois/année)

Exemple :

Gauthier C. Contribution à l'étude du fractionnement de l'aluminium libéré dans des solutions de sols forestiers : influence de la quantité et de la nature de la matière organique [En ligne]. Thèse de doctorat d'université. Limoges : Université de Limoges, 2003.
Disponible sur http://www.unilim.fr/theses/2002/sciences/2002limo0038/these.pdf

5.2.4 La citation d'une communication à un congrès

Auteur(s) de la communication (Année). Titre de la communication. Titre de la conférence, organisateur de la conférence, date et lieu de la conférence, nombre de pages.

Exemple:

Aubert, M., Bouhsina, Z., Egg, J. et al. (2008). Substitution céréales locales -céréales importées et stabilisation du marché : une liaison impossible au Sahel?
Colloque international : intégration des marchés et sécurité alimentaire dans les pays en développement, CERDI, 03-04/11/2008, Clermont-Ferrand (FRA), 15 p

5.2.5 Ressource internet

La citation d'un site web

NOM de l'auteur ou de l'organisme. Titre de la page d'accueil [en ligne]. (date de consultation du site). <URL>

Exemple:

AGRESTE. Recensement agricole 2000 [en ligne] (page consultée le 10/11/2009).
http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/recensement-agricole

5.2.6 Brevets

AUTEUR (Inventeur). Titre du brevet. Numéro du brevet. Date du brevet.

Exemple :

Vandame, T. Composition pharmaceutique destinée à libérer une substance active au niveau du colon. Brevet FR0112988. 09-10-2001.

5.3 La bibliothèque universitaire de Paris-Saclay

Vous pouvez découvrir sur eCampus la formation documentaire en ligne de la bibliothèque universitaire de Paris-Saclay. Il y a de très nombreuses vidéos courtes sur de nombreux thèmes, dont certaines très intéressantes pour les débutants mais aussi pour les autres.

L'inscription comme étudiant ne nécessite aucun mot de passe :
Cours : Formation documentaire (BU) 1er cycle (adresse complète : https://ecampus.paris-saclay.fr/course/view.php?id=41211)

6 Achats et remboursements

Vous avez des dépenses à engager dans le cadre de vos projets, merci de bien vouloir respecter les règles présentées ci-dessous :

1) Le **budget alloué à votre projet est de 50 euros**.

   Attention ! il n'y aura pas de remboursement sans présentation des justificatifs. Le paiement doit avoir été fait en espèces avec établissement d'une facture au nom de l'institut Villebon-*Georges Charpak*.

2) Dans la mesure du possible, lister **en début de projet** le matériel dont vous aurez besoin, **dans la limite du budget alloué**.

3) Faire la liste de ce qui doit être commandé en indiquant le nom du produit, la quantité nécessaire, la référence et le prix. Regarder en priorité chez les fournisseurs ci-dessous

   - www.systemes-didactiques.fr
   - www.fr.rs-online.com
   - www.manutan.fr
   - www.edimeta.fr
   - www.halvea.fr
   - www.bruneau.fr
   - www.seton.fr
   - www.3bscientific.fr
   - www.jeulin.fr
   - www.pierron.fr
   - www.farnell.com
   - www.biolab.fr
   - www.didalab.fr
   - www.conrad.fr
   - www.ugap.fr

   Si le produit recherché n'est pas dans cette liste, indiquer à côté du produit un fournisseur possible. Pour les achats sur internet (hors fournisseurs listés ci-dessus) et les cas particuliers, contacter Pascal.

4) Transmettre la liste à Pascal **au moins 8 jours ouvrés** avant la date de réception souhaitée si l'achat se fait auprès d'un des fournisseurs listés ci-dessus, sous réserve que les délais de livraison affichés par les fournisseurs soient compatibles.

7 Composition des équipes

Promo2027 - 2024-25					
APP SEA1					
A	Ali	Assane	Hannah	Roxane	Yaline
B	Antonin	Neil	Nessrine	Rute	Théodore
C	Abdel	Charlotte	Guillaume	Elena	Iris
D	Colin	Gabriel G	Lina	Raphaël	Romane
E	Armand	Anaïs	Clérance	Laura	Noah
F	Auriane	Florian	Maël	Margaux	Timéo
G	Eglantine	Gabriel B	Marie	Noé	Rania

8 Contribution des membres de l'équipe à chaque livrable

Chaque équipe communiquera la contribution de chacun de ses membres pour chaque livrable. Les chiffres qui seront remontés à Cyril et Martine dans le fichier partagé préparé à cet effet devront résulter **d'une discussion au sein de l'équipe et correspondre à un consensus**.
Une contribution strictement égale des 4 ou 5 membres d'une équipe sera reportée en attribuant un score de 100% à chacun. La somme sera donc égale à 500 pour chaque équipe de 5.
En cas de contribution inégale, modifier le pourcentage de participation à la hauteur de la contribution de chacun. La somme totale devra rester égale à 500 pour une équipe de 5.