

Innovation technologique

Cycle 4 et seconde

Une séquence du projet *Esprit scientifique, Esprit critique* – Tome 2

Résumé

L'objectif de la séquence est de s'exercer dans une démarche rigoureuse de résolution de problèmes, et notamment de comprendre le besoin de tester si les solutions envisagées sont efficaces. Les élèves vont être amenés à s'approprier des outils de mise en place et de suivi d'une démarche de projet. Cela leur permettra d'accompagner la construction d'un prototype de récupérateur de rosée. Après une première phase de conception, les élèves sont amenés à faire des recherches pour améliorer leur dispositif. Finalement, ils réalisent des tests pour déterminer le meilleur prototype. Du matériel est à prévoir. Le message principal à retenir est le suivant : lorsqu'on met en œuvre une solution, il est nécessaire, d'une part, de pouvoir expliquer les choix que l'on a faits et, d'autre part, d'évaluer la solution mise en œuvre, voire de comparer plusieurs solutions. C'est à ce prix-là que l'on pourra retirer une connaissance solide de notre travail. La démarche expérimentale et la méthode scientifique sont donc au cœur de l'innovation technologique, et plus généralement de la résolution de problèmes. Pour l'évaluation de la capacité des élèves à remobiliser les compétences travaillées, se référer à la fiche globale d'évaluation « Inventer ».

Savoir-faire 1 : Résoudre un problème

Niveau 2 : Mettre en œuvre et évaluer de façon objective des solutions

1 activité

CE QUE VOUS ALLEZ TROUVER DANS CETTE SÉQUENCE :

- ▶ Des activités de : Technologie
- ▶ Des activités de type : Investigation technologique dans la peau d'un ingénieur
- ▶ Des activités sur le thème de : Condenseur, Prototype, Désert, Ressources en eau

Activité 1 : Fabrication et évaluation d'un prototype

Objectif : Réaliser un objet technique et évaluer s'il répond au besoin initial

Résumé	Les élèves vont être amenés à s'approprier des outils de la mise en place et du suivi d'une démarche de projet. Cela leur permettra d'accompagner la construction d'un prototype de récupérateur de rosée. Après une première phase de conception, les élèves sont amenés à faire des recherches pour améliorer leur dispositif. Finalement, ils réalisent des tests pour déterminer le meilleur prototype.
Matériel	Plaques au format A4 (verre, bois, plexiglas, aluminium etc.) Nombreuses pistes possibles : vernis, mélange à bougies (paraffine et stéarine) en poudre (s'achète dans les magasins de loisirs créatifs), bougies, allumettes ou briquets, lames de verre de microscope, microbilles de verre (s'achète dans les magasins de loisirs créatifs), matériel pour protéger les tables pendant la manipulation, pipettes, petites cuillères métalliques, eau, appareil photo.
Compétences mobilisées	Technologie : Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution.
Production	Prototypes.
Durée	4 à 5 heures environ.

Message à emporter

Lorsque l'on met en œuvre une solution, il est nécessaire d'une part de pouvoir expliquer les choix que l'on a faits et d'autre part d'évaluer la solution mise en œuvre, voire de comparer plusieurs solutions. C'est à ce prix-là que l'on pourra retirer une connaissance solide de notre travail. La démarche expérimentale et la méthode scientifique sont donc au cœur de l'innovation technologique et plus généralement de la résolution de problèmes.

Clés pour la mise en œuvre

Lors de la résolution d'un problème, une fois les solutions trouvées, il reste à les mettre concrètement en place. Souvent, cette étape est réalisée de façon spontanée, et sans recul sur les résultats. En l'absence d'une forme d'explicitation de la procédure suivie et d'évaluation des résultats, il est impossible de retirer une connaissance solide de cette résolution de problème. L'absence de retour sur les choix que nous faisons nous empêche d'apprendre.

La démarche d'innovation comprend donc obligatoirement une phase d'évaluation des solutions proposées, une réflexion autour de cette évaluation et une phase ultérieure d'amélioration des prototypes jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant.

Dans cette activité, les élèves vont mettre en pratique les connaissances accumulées jusqu'alors et leur créativité pour créer un prototype de récupérateur d'eau. Ils vont planifier puis réaliser le projet. Ceci inclura une phase d'évaluation des prototypes et une phase d'amélioration des productions.

Déroulé possible de l'activité

Contexte : Les études menées sur des tissus vivants ont permis d'expliquer le pouvoir super-hydrophobe de certains matériaux. Ces connaissances peuvent s'avérer utiles lorsqu'il s'agit de faire rouler les gouttes de rosée afin de les récolter avant leur évaporation.

Objectif : L'objectif est maintenant de mobiliser ce travail préparatoire pour planifier la conception d'un prototype de récupérateur de rosée, la mettre en œuvre et évaluer son efficacité.

Organisation : Par groupes de 4 ou 5.

Matériel :

- Liste du petit matériel disponible (cf. tableau d'activité).
- Logiciel *GanttProject* ou équivalent (optionnel).
- Tableau de la Démarche projet, résumant les étapes de la démarche de projet à compléter.
- Tableau des Évaluations et améliorations des prototypes.

Règles : L'objectif est de s'approprier les concepts scientifiques découverts précédemment et des outils d'aide à l'organisation lors de la conception et de la réalisation de solutions face à un problème. À l'aide de tous ces éléments, les groupes vont chercher à concevoir le meilleur prototype de récupération de rosée. Le groupe parvenant à récupérer le plus d'eau remporte le défi !

Étapes	Concernant notre projet...
1. Analyse du besoin	
2. Rédaction du cahier des charges	
3. Conception	
4. Présentation des solutions techniques envisagées	
5. Réalisation d'un prototype	
6. Validation des solutions à l'aide d'un protocole	

Pistes envisagées	Évaluations/Commentaires/Nouvelles pistes



L'enseignant explique : « Vous allez dans un premier temps planifier votre projet puis dans un second temps réaliser la conception d'un prototype de récupérateur de rosée. Ces récupérateurs seront soumis à un test. Le groupe qui récupère en une nuit le plus d'eau remporte le défi ! »

Phase 1 : S'approprier la démarche de projet

Objectif détaillé : Mobiliser des outils de construction et de planification de projet

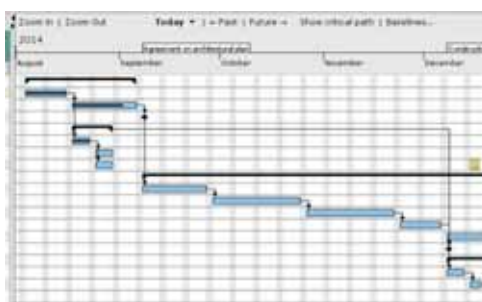
■ **L'enseignant présente aux élèves les éléments de l'activité :** Chaque groupe d'élèves aura à sa disposition, pour réaliser le prototype, les éléments suivants : des plaques au format A4 de différents matériaux qu'il aura trouvé (bois, aluminium, verre, carton...); des bouts de bois pour faire tenir l'édifice; différents éléments pouvant servir de récipient; du matériel classique de technologie pour la construction.

■ **L'enseignant présente ou rappelle les étapes de la démarche de projet.** Il fournit aux élèves un tableau à compléter pour les aider à percevoir l'avancée de leur démarche (Tableau de la

démarche projet). S'ils ont réalisé la Séquence 1, les élèves s'apercevront qu'ils sont déjà en mesure de remplir l'étape 1 (en spécifiant les destinataires du projet et l'objectif visé) et l'étape 2 (en spécifiant les contraintes à respecter et les critères à prendre en considération). L'étape 2 correspond aux productions réalisées par les élèves à la fin de la seconde activité. Nous en sommes en réalité à l'étape 3 où nous découvrons le matériel à disposition. Si la Séquence 1 n'a pas été réalisée, l'enseignant devra guider les élèves dans ces deux étapes.

■ **L'enseignant présente aux élèves qui ne le connaissent pas le concept de rétro-planning et de diagramme de Gantt.** C'est la méthode la plus utilisée pour suivre l'évolution d'un projet, intégrer les modifications consécutives aux imprévus qui ne manqueront pas d'arriver, de travailler en collaboration au suivi du projet et de s'assurer de respecter les délais exigés dans la conception.

Note: des outils informatiques permettent de visualiser l'évolution d'un projet sous la forme d'un diagramme de Gantt. C'est le cas du logiciel *GanttProject*.



■ **L'enseignant laisse ensuite travailler les groupes en autonomie.** Les élèves récupèrent ce dont ils ont besoin parmi le matériel à disposition (et uniquement celui-ci pour l'instant) et débutent leur réflexion sur les solutions techniques à mettre en œuvre. Par exemple, si le matériel est déposé au fond de la classe, les élèves font des allers-retours pour choisir différents éléments et les agencer puis mettent en place des petites expérimentations leur permettant de valider une possibilité ou une autre: ils peuvent ainsi tester différents angles pour la plaque, ou différents matériaux pour celle-ci, etc. L'enseignant veillera à ce que les élèves soient méthodiques et rigoureux dans leur progression. Il motivera les élèves à puiser dans les activités précédentes des informations sur les contraintes et des outils pour avancer au mieux. Enfin, il poussera les élèves à documenter leur progression, les possibilités testées et les résultats (en complétant un traditionnel carnet d'expériences). Finalement, l'enseignant doit permettre de faire ressortir, dans cette phase de tâtonnement parfois désordonnée, l'importance d'adopter une démarche réfléchie (on n'avance pas au hasard!). A la fin de la première phase, ils devront être capables de restituer au reste de la classe leur progression.

Conseils de mise en place et éléments de correction

- Cette étape permet de privilégier un travail de démarche expérimentale. Cela illustre à quel point sciences et technologie fonctionnent de pair.
- Une façon de tester l'efficacité d'une solution technique sur la capacité des gouttes d'eau à rouler consiste à réaliser des courses de gouttes d'eau ! On prend deux plaques qui diffèrent pour un unique paramètre (principalement le matériau de la surface), on les place dans les mêmes conditions, et on compare le temps mis par une goutte pour parcourir la même distance sur les deux plaques. Ce type de manipulation exigera d'être rigoureux (par exemple, si on compare deux matériaux différents, on ne fait pas varier l'angle !).



- Une autre façon de tester est de comparer l'angle que fait la goutte avec son support, ou l'étalement de celle-ci (et donc la surface qu'elle occupe sur la plaque).



Phase 2: Présentation des solutions techniques envisagées et réalisation des prototypes

Objectif détaillé: Réaliser un prototype à l'aide d'une réflexion collective et à partir de connaissances pertinentes

■ **L'enseignant réalise un bilan commun de mi-parcours.** Il demande aux élèves de présenter au reste de la classe leur réflexion et les premiers résultats qu'ils ont obtenus. Certains problèmes communs pourront être partagés. Des élèves auraient pu vouloir remobiliser leurs connaissances sur les matériaux super-hydrophobes mais ils ont été limités par le matériel à disposition. Sinon, l'enseignant fait quelques rappels à ce sujet pour préparer la suite de l'activité.

■ **L'enseignant invite maintenant les élèves à réaliser une recherche (au CDI, sur Internet...) sur les éléments qui pourraient leur permettre d'améliorer leur prototype.** L'enseignant peut préciser que c'est une façon de fonctionner du monde scientifique et technique: une entreprise est confrontée à un problème technique. Si la solution n'existe pas encore, elle va solliciter les scientifiques pour qu'ils utilisent leurs connaissances afin d'imaginer un moyen de résoudre le problème. C'est une démarche d'innovation technologique. Comme dans les autres activités, les élèves doivent documenter leur progression et se préparer à réaliser un compte-rendu détaillé (par exemple sous forme de diaporama) résumant la problématique, les solutions envisagées, le protocole de fabrication, le protocole de mesure de performance.

Note: pour faire face à ce nouveau problème d'amélioration du prototype, les élèves peuvent s'inspirer de la méthode de résolution de problème découverte dans la séquence précédente ainsi que des outils comme la carte mentale, le brainstorming, et le recours à des connaissances externes vérifiées et pertinentes.

■ **L'enseignant laisse les élèves poursuivre la construction des prototypes sur quelques séances, voire à la maison.** La phase 2 se termine lorsque les prototypes sont prêts à être testés.

Conseils de mise en place et éléments de correction

- Il est impossible de prédire toutes les pistes que choisiront les élèves. Certains essaieront probablement de remobiliser les connaissances découvertes par l'étude du vivant. Cela pourrait les amener à :
 - Recréer les caractéristiques physiques d'un matériau hydrophobe : ils pourraient penser à créer une structure en rayant la planche (c'est en fait inutile car la structure doit être très régulière et à une échelle très fine pour induire l'effet fakir), en la couvrant de billes (la poudre de paraffine sera une meilleure idée que des billes de verre car elle cumule les effets physiques et chimiques)
 - Recréer les caractéristiques chimiques d'un matériau hydrophobe : ils pourraient penser à le recouvrir de paraffine fondue, d'huile, de sprays hydrophobes, cires, vernis, suie, etc.
 - Importer directement un matériel vivant (feuille de lotus, d'épiaire, plume de canard ou de poule, peau de pêche... !). Les pistes sont nombreuses.



- Les élèves qui testeraient l'effet de la suie pourraient obtenir de très bons résultats. La suie combine en effet des propriétés hydrophobes et une structure physique propre à générer une super-hydrophobicité. Cependant, les élèves constateront également que la suie n'est pas un matériau durable (les premières gouttes vont commencer à la faire partir !). Ceci est l'occasion de revenir sur les contraintes à prendre en compte lors de l'innovation technologique : une surface durable n'est pas requise dans le cas de notre problématique initiale mais elle est un enjeu majeur pour les industriels.

Phase 3: Concours de prototypes

Objectif détaillé: Valider une (ou des) solution(s) en suivant un protocole

■ **L'enseignant propose aux élèves de se mettre d'accord sur le protocole d'évaluation des groupes lors du défi final.** L'enseignant s'assure que la procédure imaginée par les élèves permette de comparer de façon pertinente les résultats obtenus par les différents groupes. Par exemple, si les élèves proposent de tester leur prototype à la maison, cela risque de créer des différences dans la mesure qu'il faudra réduire au maximum (on teste la même nuit, dans des conditions environnementales comparables, pendant une durée équivalente...). De plus, seule l'eau récoltée doit être comptée, pas celle encore présente sur la plaque. Enfin, une réflexion peut être menée sur la significativité des résultats : doit-on se limiter à une seule nuit ? doit-on au moins recommencer deux fois ou trois fois pour avoir des résultats réellement comparables ? Même si des contraintes nous limitent, il sera important d'avoir pris cela en considération au moment de conclure sur la réelle efficacité d'une solution.

■ **Une fois qu'ils se sont mis d'accord sur le protocole, l'enseignant propose aux élèves de réaliser le test final.** Les résultats sont relevés et consignés dans un tableau commun.

■ **Après le défi, l'enseignant désigne le groupe vainqueur et invite les élèves à identifier les caractéristiques des surfaces les plus efficaces.** Comme ils l'ont découvert précédemment, deux effets (la nature hydrophobe et la texture physique) s'associent pour favoriser le fait que l'eau roule sur la plaque jusqu'au récipient de stockage. D'autres considérations pourront être amenées : les matériaux choisis ont-ils résisté ou se sont-ils dégradés après une ou deux nuits ? Quel prototype a coûté le moins cher ? Etc. Ainsi, des contraintes peut-être pas envisagées jusque-là devraient être prises en considération si on voulait définitivement valider une solution.

Pour nourrir la discussion à l'issue de l'activité

■ La mise en commun commence par la synthèse de la démarche utilisée par les élèves : une fois leur hypothèse formulée, ils l'ont traduite de façon concrète sur le prototype. Chacune de leur production peut être considérée comme une hypothèse de travail. Ensuite, ils ont testé leurs prototypes et ont déterminé celui qui était le plus efficace. C'est une forme de validation de l'hypothèse.

■ L'évaluation des solutions techniques repose sur les mêmes critères qu'un protocole scientifique : on ne se base pas sur un ressenti, sur des intuitions ou des convictions mais sur des faits. Les tests permettent donc de comparer les prototypes de façon objective et rigoureuse en se basant sur une grandeur choisie de façon pertinente par rapport à notre problématique (un volume ou une vitesse par exemple). Les données sont recueillies dans des conditions équivalentes et sont assez nombreuses pour être significatives (on procède alors à la moyenne des résultats).

■ Dans notre vie quotidienne, nous sommes amenés à mettre en place régulièrement des nouvelles solutions (par exemple choisir la meilleure méthode pour se rendre quelque part, modifier une recette de cuisine, apprendre une leçon...). Cependant, nous avons rarement l'occasion de prendre le temps d'évaluer les solutions mises en œuvre. Si nous ne prenons pas ce temps, la prochaine fois où nous serons confrontés au même problème, nous serons incapables de déterminer quelle solution employer et agirons au hasard ou sur nos convictions.

■ Souvent, nous considérons la première idée mise en œuvre comme étant la bonne (on reste fixé sur une méthode d'apprentissage ou un chemin pour se rendre quelque part) et il est difficile de nous faire changer d'avis car il est plus confortable de rester dans ses habitudes et de se convaincre que ce sont les bonnes. Pourtant, si nous évaluons nos solutions, nous nous rendrions compte que nous ne réalisons pas toujours des choix optimaux. L'enseignant demande aux élèves de reconnaître des situations où nous agissons sans prendre le temps de réaliser si la méthode employée a ou non réellement fonctionné ou encore si elle serait la meilleure parmi plusieurs options possibles.

Fabrication et évaluation d'un prototype (fiche élève)

Objectif : Planifier et évaluer une procédure de résolution d'un problème.

Mission : Construisez le meilleur récupérateur de rosée !

Contexte :

Les études menées sur des tissus vivants ont permis d'expliquer le pouvoir super-hydrophobe de certains matériaux. Ces connaissances peuvent s'avérer utiles lorsqu'il s'agit de faire rouler les gouttes de rosée afin de les récolter avant leur évaporation. Il faut maintenant exploiter cette connaissance pour réaliser des prototypes et valider nos idées avant de passer à l'étape de production.

Matériel :

- Liste du petit matériel disponible.
- Logiciel *GanttProject* ou équivalent.
- Tableau de la Démarche projet, résumant les étapes de la démarche de projet à compléter.
- Tableau des Évaluations et améliorations des prototypes.

Règles : Construire le meilleur récupérateur de rosée !

- Déterminez toutes les étapes de la démarche de projet en complétant le tableau de démarche tout au long du projet
- Planifiez votre projet à l'aide d'un outil nommé diagramme de Gantt
- Évaluez votre prototype tout au long du projet : solutions mises en place, nouveaux problèmes, pistes d'amélioration et questions à creuser...

Étapes	Concernant notre projet....
1. Analyse du besoin	
2. Rédaction du cahier des charges	
3. Conception	
4. Présentation des solutions techniques envisagées	
5. Réalisation d'un prototype	
6. Validation des solutions à l'aide d'un protocole	

Pistes envisagées	Évaluation/Commentaires/Nouvelles pistes



Fabrication et évaluation d'un prototype (fiche matériel)

• Tableau de la Démarche de projet

Étapes	Concernant notre projet...
1. Analyse du besoin	
2. Rédaction du cahier des charges	
3. Conception	
4. Présentation des solutions techniques envisagées	
5. Réalisation d'un prototype	
6. Validation des solutions à l'aide d'un protocole	

• Tableau des Évaluations et améliorations des prototypes

Pistes envisagées	Évaluations/Commentaires/Nouvelles pistes

Cette ressource est issue du projet thématique *Esprit scientifique, Esprit critique – Tome 2*, paru aux Éditions Le Pommier.



Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

