

# Séquence de classe

## Le confort thermique en toute saison

Cycle : 4

<b>Thématiques traitées</b>	Energie ; Habitat
<b>Résumé</b>	Les élèves doivent réaliser des prototypes de maisons sous forme de maquettes respectant la contrainte suivante: nous sommes en hiver, et il doit faire le plus chaud possible à l'intérieur de la maison en utilisant comme seule source d'énergie le rayonnement solaire. Dans la classe, cette situation sera simulée grâce à une source lumineuse de type spot de chantier.
<b>Objectif</b>	Appréhender les questionnements liés à l'énergie dans l'habitat et les principes de l'isolation thermique. Travailler en équipe à la conception d'un objet technique répondant à un besoin et respectant des contraintes. S'exercer à mettre en œuvre un protocole de mesure. Choisir des matériaux adaptés.
<b>Durée</b>	2h à 2h45 selon l'option choisie
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des contenants identiques pour donner le gabarit de la maison: bacs en plastique, boîtes en carton (type petits aquariums), parallélépipèdes en bois (voir descriptif)... Dimensions typiques: L 15 cm P 10 cm H 13 cm environ. Prévoir un gabarit par groupe, et idéalement quelques-uns en plus si les élèves souhaitent faire des comparaisons au sein d'un même groupe. Le contenant ne doit pas être opaque, ou alors permettre la création d'ouvertures pour simuler les fenêtres.</li> <li>• 2 thermomètres par groupe + quelques thermomètres supplémentaires.</li> <li>• Un paquet de transparents (pour simuler le vitrage des habitations. On peut également fournir en complément des plaques de verre dont les bords coupants soient protégés ou des plaques de plexiglas)</li> <li>• Un paquet de feuilles noires</li> <li>• Rouleaux de scotch transparent</li> <li>• Matériaux divers pour l'isolation: cartons, laine de mouton, polystyrène, papier bulle</li> <li>• Liants: ficelle, élastiques</li> <li>• Papier aluminium</li> <li>• Outils de découpe: cutters, paires de ciseaux</li> <li>• Règles, mètres ruban</li> <li>• Supports pour protéger les tables lors des découpes (plaques de bois)</li> <li>• Sources lumineuses intenses (type spots de type chantier, ampoules halogène 400 W). Mise en garde: procéder à des tests avant la séance pour vérifier que la source est suffisamment puissante pour provoquer une hausse de température significative dans les prototypes. Il faut également vérifier la distance à adopter par rapport à la source: trop loin, l'élévation de température sera trop faible. Ne pas plaquer les prototypes contre le spot car il y a risque de fusion des éléments en plastique composant la maquette.</li> </ul>

# Place dans les programmes

Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie :

- L'énergie existe sous différentes formes (énergie associée à un objet en mouvement, énergie thermique, électrique...).
- Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer...
- Quelques dispositifs visant à économiser la consommation d'énergie.

Concevoir et produire tout ou partie d'un objet technique en équipe pour traduire une solution technologique répondant à un besoin :

- Notion de contrainte.
- Recherche d'idées (schémas, croquis...).
- Choix de matériaux.
- Maquette, prototype

## Introduction

Cette séquence est librement inspirée du concours international Solar Décathlon (voir également la page wikipedia du concours) une compétition biennale internationale d'architecture, de design, d'urbanisme et d'ingénierie, ouverte à des équipes universitaires pluridisciplinaires, en partenariat avec des entreprises. Le défi est de concevoir et réaliser un logement prototype de 75 m<sup>2</sup> utilisant le Soleil comme unique source d'énergie (outre la chaleur dégagée par les habitants et les appareils électriques).

Cette activité peut également être proposée en formation pour adultes : elle a déjà été mise en œuvre dans ce contexte, que ce soit en formation continue ou initiale avec des étudiants de M2.

### Note pédagogique

Cette activité peut faire l'objet d'un réinvestissement de séquences menées préalablement avec les élèves portant sur les matériaux en tant qu'isolants thermiques (exemple d'un pull) et sur le choix des matériaux pour réaliser un chauffe eau solaire.

Le défi peut également constituer une séance introductive aux deux séquences citées ci-dessus.

# Séance 1 - Lancement de l'activité et réflexion par écrit

<b>Résumé</b>	Les élèves doivent réaliser des prototypes de maisons sous forme de maquettes respectant la contrainte suivante: nous sommes en hiver, et il doit faire le plus chaud possible à l'intérieur de la maison en utilisant comme seule source d'énergie le rayonnement solaire. Dans la classe, cette situation sera simulée grâce à une source lumineuse de type spot de chantier.
<b>Objectif</b>	Travailler en équipe à la conception d'un objet technique répondant à un besoin et respectant des contraintes.
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Des contenants identiques pour donner le gabarit de la maison: bacs en plastique, boîtes en carton (type petits aquariums), parallélépipèdes en bois (voir descriptif)... Dimensions typiques: L 15 cm P 10 cm H 13 cm environ. Prévoir un gabarit par groupe, et idéalement quelques-uns en plus si les élèves souhaitent faire des comparaisons au sein d'un même groupe. Le contenant ne doit pas être opaque, ou alors permettre la création d'ouvertures pour simuler les fenêtres.</li><li>• 2 thermomètres par groupe + quelques thermomètres supplémentaires.</li><li>• Un paquet de transparents (pour simuler le vitrage des habitations. On peut également fournir en complément des plaques de verre dont les bords coupants soient protégés ou des plaques de plexiglas)</li><li>• Un paquet de feuilles noires</li><li>• Rouleaux de scotch transparent</li><li>• Matériaux divers pour l'isolation: cartons, laine de mouton, polystyrène, papier bulle</li><li>• Liants: ficelle, élastiques</li><li>• Papier aluminium</li><li>• Outils de découpe: cutters, paires de ciseaux</li><li>• Règles, mètres ruban</li><li>• Supports pour protéger les tables lors des découpes (plaques de bois)</li><li>• Sources lumineuses intenses (type spots de type chantier, ampoules halogène 400 W). Mise en garde: procéder à des tests avant la séance pour vérifier que la source est suffisamment puissante pour provoquer une hausse de température significative dans les prototypes. Il faut également vérifier la distance à adopter par rapport à la source: trop loin, l'élévation de température sera trop faible. Ne pas plaquer les prototypes contre le spot car il y a risque de fusion des éléments en plastique composant la maquette.</li></ul>

## Lancement de l'activité (5 à 10 min)

L'enseignant présente le contexte de l'activité aux élèves: la classe va se lancer dans un concours de prototypes de maisons. Il s'agit de concevoir une maquette de maison où il fasse chaud en hiver même sans avoir recours à des dispositifs de chauffage (radiateurs, etc). La seule forme d'énergie thermique utilisable est le rayonnement « solaire », qui sera ici remplacé par des lampes.

L'enseignant résume les conditions du défi par la question: « comment faire pour qu'il fasse le plus chaud possible dans votre prototype en utilisant comme seule source d'énergie le rayonnement de la lampe? »

Les élèves sont répartis en groupes, chaque groupe étant responsable de la conception d'un prototype. Afin que tous partent de la même base, chaque groupe reçoit un gabarit identique qui représente la structure de la maison et accès à la liste du matériel qui peut être utilisé pour répondre au défi (voir liste de matériel).

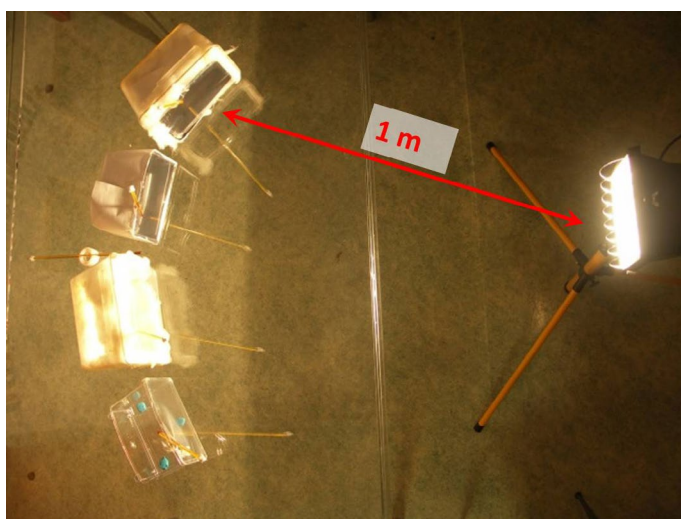
A la fin de l'activité, chaque groupe devra présenter son prototype aux autres et défendre son projet. Pour cela, il devra se donner les moyens de prouver aux autres les performances de son système.

## Phase 1 (5 à 10 min)

Dans un premier temps, les élèves notent individuellement par écrit leurs idées pour répondre au défi : schéma et matériel nécessaire.

L'enseignant circule dans les groupes et alerte les élèves qui n'en auraient pas conscience sur le fait qu'on simule une maison : Les gabarits délimitent l'espace intérieur du prototype, que l'on ne doit pas réduire (on ne remplit pas une maison entièrement d'isolant !)

Note pour l'utilisation des sources lumineuses : La source sera placée de façon à éclairer principalement la « façade sud » des maquettes et non leur « toiture » ou les autres façades (on cherche à simuler l'éclairage rasant d'un soleil d'hiver, à midi). Exemple de disposition avec des spots de chantier (dans le cas d'utilisation de lampes moins puissantes, il faut ajuster les distances et le nombre de prototype par lampe) : chaque spot est disposé, allumé, face à une table. Les prototypes, une fois réalisés, devront être placés à environ un mètre du spot. Il y a suffisamment de place pour disposer 4 prototypes en face de chaque spot (voir photo ci-dessous).



*Quatre prototypes face à un spot halogène de puissance 400 W. La source lumineuse est au même niveau que les maquettes, qui sont posées sur une table. Pour les meilleurs prototypes, la température d'équilibre peut dépasser les 40 °C. On notera la présence du thermomètre mesurant la température de l'air de la pièce.*

### Note pédagogique

Ici, les contraintes sont directement cadrées par l'enseignant et l'activité met le focus sur le juste choix des matériaux, la conception des prototypes, et l'élaboration du protocole de mesure. L'enseignant peut également faire le choix d'ajouter en amont une phase de réflexion avec les élèves pour qu'ils établissent les contraintes eux-mêmes.

## Phase 2 (15 min)

Chaque groupe dispose de 10 minutes pour échanger et établir les critères de sa maquette, ainsi que la liste du matériel nécessaire.

# Séance 2 - Conception et réalisation des maquettes

<b>Résumé</b>	Les élèves procèdent à la réalisation de leurs maquettes et mettent en oeuvre des protocoles de test.
<b>Objectif</b>	Travailler en équipe à la conception d'un objet technique répondant à un besoin et respectant des contraintes. S'exercer à mettre en oeuvre un protocole de mesure. Choisir des matériaux adaptés.
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Des contenants identiques pour donner le gabarit de la maison : bacs en plastique, boîtes en carton (type petits aquariums), parallélépipèdes en bois (voir descriptif)... Dimensions typiques: L 15 cm P 10 cm H 13 cm environ. Prévoir un gabarit par groupe, et idéalement quelques-uns en plus si les élèves souhaitent faire des comparaisons au sein d'un même groupe. Le contenant ne doit pas être opaque, ou alors permettre la création d'ouvertures pour simuler les fenêtres.</li><li>• 2 thermomètres par groupe + quelques thermomètres supplémentaires.</li><li>• Un paquet de transparents (pour simuler le vitrage des habitations. On peut également fournir en complément des plaques de verre dont les bords coupants soient protégés ou des plaques de plexiglas)</li><li>• Un paquet de feuilles noires</li><li>• Rouleaux de scotch transparent</li><li>• Matériaux divers pour l'isolation : cartons, laine de mouton, polystyrène, papier bulle</li><li>• Liants : ficelle, élastiques</li><li>• Papier aluminium</li><li>• Outils de découpe : cutters, paires de ciseaux</li><li>• Règles, mètres ruban</li><li>• Supports pour protéger les tables lors des découpes (plaques de bois)</li><li>• Sources lumineuses intenses (type spots de type chantier, ampoules halogène 400 W). Mise en garde : procéder à des tests avant la séance pour vérifier que la source est suffisamment puissante pour provoquer une hausse de température significative dans les prototypes. Il faut également vérifier la distance à adopter par rapport à la source : trop loin, l'élévation de température sera trop faible. Ne pas plaquer les prototypes contre le spot car il y a risque de fusion des éléments en plastique composant la maquette.</li></ul>

## Phase 3 Conception et réalisation des maquettes (30 minutes)

Les groupes disposent de 30 minutes pour fabriquer le prototype en utilisant du matériel présent dans la salle.

### Phase 3 bis optionnelle

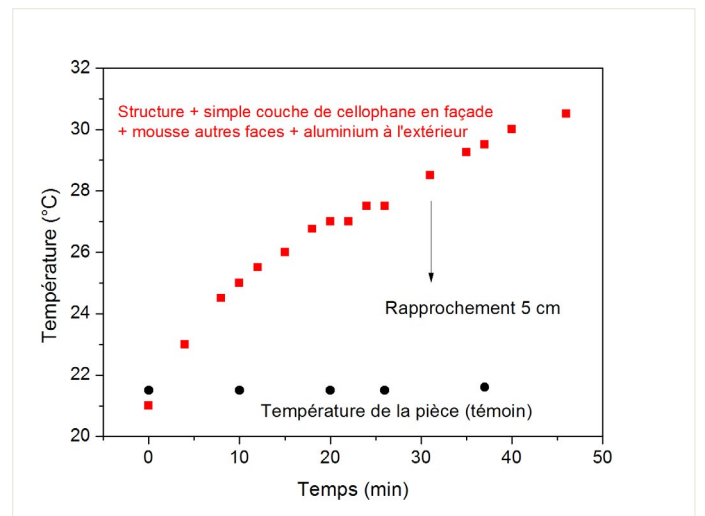
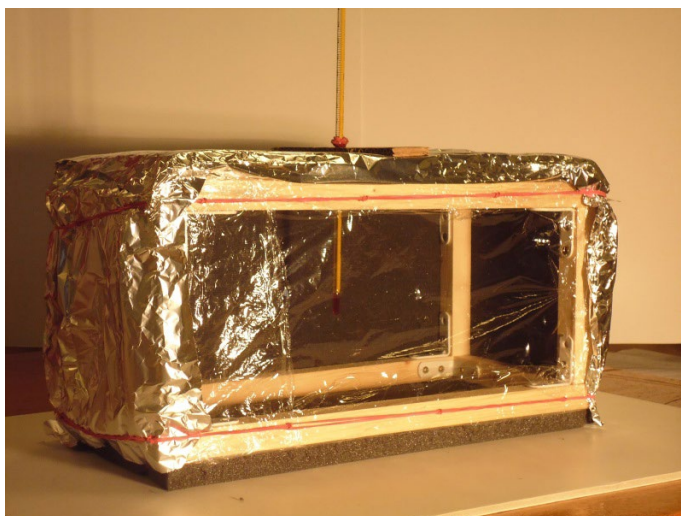
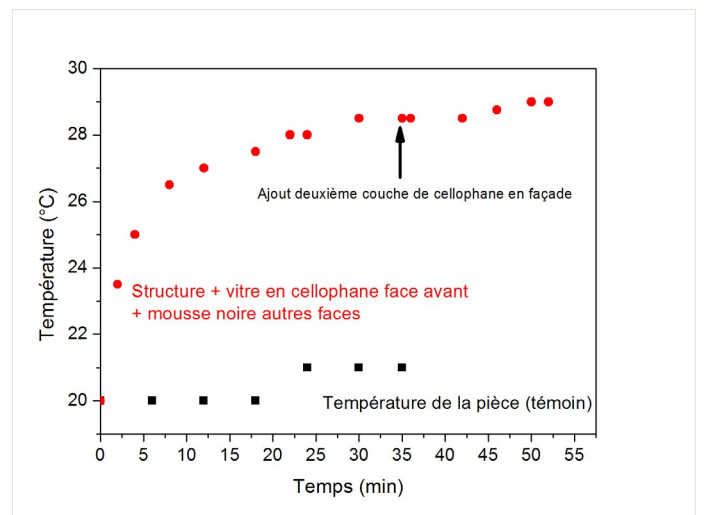
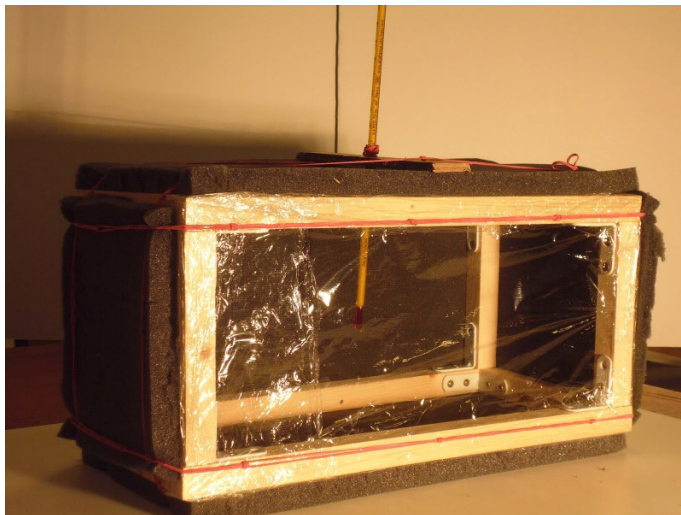
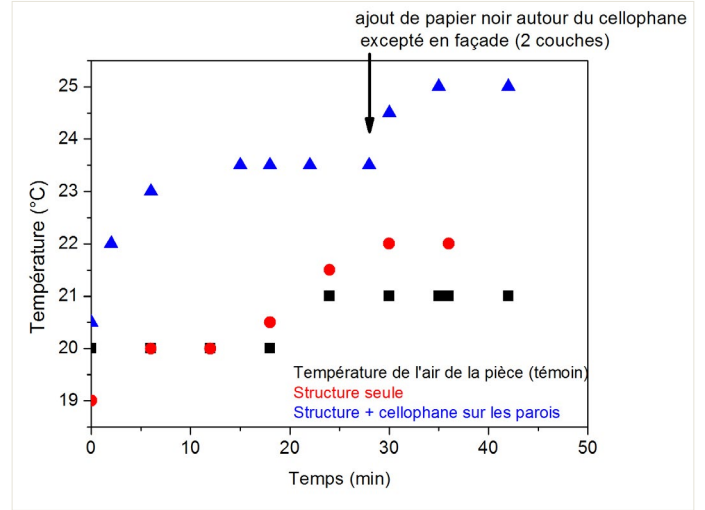
En fonction du temps disponible et des acquis préalables des élèves, il est possible, à ce moment de l'investigation, de consacrer une séance entière à des tests permettant à chaque groupe de choisir les matériaux qui conviennent le mieux au défi. Chaque groupe peut alors comparer pas à pas les performances de sa maquette en faisant varier un seul paramètre à la fois. Il est alors nécessaire de se poser la question du temps d'exposition minimum pour avoir atteint une température d'équilibre à l'intérieur de la maison modélisée. Voici quelques paramètres qui peuvent être testés par les élèves :

- Présence d'un double vitrage
- Différentes associations de matériaux pour isoler en les ajoutant pas à pas : carton + laine de mouton...



- Présence de matériaux foncés absorbant le rayonnement
- Présence de matériaux réfléchissant le rayonnement (aluminium)

Voici des exemples de prototypes permettant de tester différentes associations de matériaux ainsi que les relevés de températures effectués :



## Phase 4 Test des maquettes et réalisation des affiches (30 min)

L'enseignant circule dans les groupes, et une fois qu'il juge le travail suffisamment avancé, propose de faire un point : où en sont les uns et les autres ? Comment ont-ils prévu de tester leurs prototypes ? A quel endroit de la maquette ont-ils choisi de mesurer la température ? Il demande aux groupes qui ne l'auraient pas fait de mettre par écrit leur protocole de mesure.

Dès que les maquettes sont finalisées, dispositif de mesure inclus, elles peuvent être placées face à un spot pour procéder aux tests.

Pour la suite, chaque groupe désigne un responsable des relevés de température, qui devra noter l'évolution de celle-ci au cours du temps. Les autres procèdent à la réalisation d'une affiche ou d'un diaporama pour présenter leur prototype : le support choisi devra comporter un schéma du dispositif, les résultats obtenus lors des mesures – du moins les premières valeurs si les relevés ne sont pas terminés.

# Séance 3 – Mise en commun et conclusion

<b>Résumé</b>	Les élèves présentent leurs prototypes et les résultats obtenus lors des tests. Le professeur fait émerger des échanges les critères à retenir pour la conception de la maquette.
<b>Objectif</b>	Restituer à l'oral et à l'écrit une démarche et des résultats. Mettre au clair des notions liées à l'énergie thermique et l'isolation.
<b>Matériel</b>	De quoi projet si les élèves ont fait un diaporama.

## Phase 5 Mise en commun des travaux (environ 20 min)

Chaque groupe présente à tour de rôle son dispositif, le rôle de chaque partie de la structure, et le choix des matériaux. Il explique également le protocole adopté pour les mesures de performances et présente les premiers résultats obtenus. L'enseignant prend des notes et propose aux autres élèves de poser des questions ou de faire des remarques (dire éventuellement s'ils ne sont pas d'accord avec la démarche du groupe en justifiant leur propos). Il pourra rebondir directement lors de la présentation de chaque groupe ou au contraire choisir de faire une synthèse à la fin des présentations (remarques sur tels ou tels types de disposition et choix des matériaux, protocoles, la température initiale a-t-elle été relevée ? Et celle de la pièce ? Etc). Il amène également les élèves à relever les points communs entre les prototypes qui ont bien fonctionné : présence d'ouvertures pour collecter le plus de rayonnement possible, et isolation du toit, du sol et des façades avec des matériaux isolants thermiquement pour limiter les fuites de chaleur vers l'extérieur.

Une fois que les groupes ont tous effectué leur présentation, la discussion est ramenée à la problématique initiale, c'est-à-dire le concours de prototypes. Si les élèves constituaient le jury de cette manifestation, sur quels critères éliraient-ils le vainqueur ? Sont-ils en mesure de le faire avec les expériences qui viennent d'être réalisées ?

L'objectif de cette discussion est de revenir sur l'importance d'adopter un protocole de mesure de la température qui soit le même, et réalisé dans les mêmes conditions pour tous les groupes, afin que les résultats soient comparables. De plus, replacer la discussion dans son contexte initial permet d'ouvrir la réflexion sur d'autres pistes d'investigation : pour une habitation, il faut non seulement maintenir une température adéquate en milieu de journée, mais aussi le matin et l'après-midi, et réduire les écarts de température intérieure entre la journée et la nuit. La combinaison de ces contraintes amène à explorer non seulement les propriétés d'isolation, mais également d'inertie thermique des matériaux, l'orientation de la maison et la position des ouvertures.

### Note scientifique

Les matériaux constituant les parois du prototype ont un double rôle : en absorbant une partie du rayonnement de la lampe, ils se réchauffent et chauffent l'air à leur contact, contribuant ainsi à la hausse de température à l'intérieur du prototype. A cela s'ajoute leur caractère isolant qui limite les échanges thermiques avec l'extérieur.

### Note pédagogique

La montée en température prend du temps. On peut, pour élire le meilleur prototype, repositionner les prototypes lors d'une prochaine séance face aux spots avant le début du cours – en veillant à ce que la position des thermomètres soit la même pour tous – et de faire un relevé en fin de cours pour voir lequel a atteint la température la plus élevée.



## Conclusion – trace écrite

Le professeur reprend les caractéristiques des maisons qui ont donné de bons résultats. La synthèse de celles-ci peut faire l'objet d'une conclusion à noter dans le cahier de sciences, par exemple :

*Pour chauffer une maquette grâce à une source de lumière, il faut à la fois y faire entrer le plus de lumière possible, et limiter le transfert d'énergie thermique vers l'extérieur de la maquette. Les critères à retenir sont :*

- *Avoir des ouvertures en matériau transparent*
- *Bien isoler les murs, le sol et le toit de la maquette en utilisant des matériaux isolants thermiquement (polystyrène, laine, coton)*

## Séance 4 – Relance : c'est l'été ! (optionnelle)

<b>Résumé</b>	Sur la base des maquettes déjà conçues, le professeur propose une réflexion pour les modifier afin de remplir un autre objectif: qu'il y fasse frais en été.
<b>Objectif</b>	Se questionner sur les contraintes de l'habitat dans un contexte d'économie d'énergie.
<b>Matériel</b>	Si les élèves ont à mettre en pratique les modifications souhaitées: carton, matériaux isolants divers, thermomètres, sources lumineuses (spots de chantier)

### Relance (optionnelle, 15 min à 45 min selon la version adoptée)

Le professeur propose aux élèves une nouvelle situation : on est à présent en été, à midi. Le Soleil est haut dans le ciel. Il frappe principalement sur la toiture des prototypes et un peu sur la façade sud. Comment modifier les maquettes, sans tout reconstruire, pour qu'elles permettent cette fois de minimiser la température ?

Selon le temps imparti, cette relance peut se faire sous forme de discussion générale ou de nouvelles expérimentations. Pour ces dernières, il faudra placer les spots non plus face à la « façade sud » des prototypes mais de façon à éclairer principalement leur « toiture » (position du spot au-dessus des maquettes), à une distance inférieure à celle de la situation d'hiver, à déterminer en procédant à des tests en amont.

En pratique, dans la situation « été », les prototypes doivent avoir une bonne isolation de leur toiture (ce qui est aussi nécessaire pour un bon prototype face à la situation « hiver ») et ne pas recevoir le rayonnement direct de la source lumineuse sur les ouvertures « vitrées ». L'ajout d'un auvent au-dessus des ouvertures orientées sud est un moyen simple de transformer un bon prototype pour l'hiver en bon prototype pour l'été.

---

## Auteurs

Katia ALLEGRAUD, Claire CALMET, Frédéric PÉREZ

## Date de publication

Novembre 2016

## Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



*Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.*

## Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes  
75 006 Paris  
01 85 08 71 79  
contact@fondation-lamap.org

Site : [www.fondation-lamap.org](http://www.fondation-lamap.org)