



Apprendre sans en avoir l'air

L'aérothèque

Comment utiliser cette valise?

*Céline Demierbe, Stéphanie Malaise,
Soizic Mélin, Fanny Merchez*

Pr. Marc Demeuse, Pr. Pierre Gillis, Dr. Francesco Lo Bue

Institut d'Administration Scolaire, Carré des Sciences

OBJECTIFS DE CE LIVRET

- Offrir une vue d'ensemble de la valise (les documents qui vous sont destinés, ceux qui sont destinés à vos élèves, le matériel contenu par la valise...);
- Décrire la méthodologie qui est préconisée dans cette valise, préciser l'objectif global visé ainsi que la démarche pour atteindre cet objectif ;
- Proposer une organisation pragmatique de la classe, un timing, l'utilisation concrète des documents ;
- Donner un maximum d'informations et de conseils pour la construction des montgolfières ;

REMARQUES PREALABLES A LA LECTURE DE CES NOTES

- Vous rencontrerez quelques redondances dans ces notes. Ces redites sont réelles, voulues et assumées. Elles sont présentes pour donner, autant que possible, son autonomie à chaque question, et donc à chaque réponse.
- Lorsque cela est nécessaire, des renvois sont prévus d'une question vers une autre. Afin d'organiser ces renvois, des numéros ont été attribués aux questions. N'y voyez pas là une obligation de votre part de commencer par la première et de terminer par la dernière. Prenez les informations au fur et à mesure que les questions se posent à vous et que vous cherchez à y répondre.
- Certaines questions ont été posées à plusieurs reprises lorsque cette valise a été testée dans les classes, vous les reconnaîtrez grâce à leur présentation spécifique (police italique, texte grisé et encadré en pointillés).

TABLE DES MATIERES

Première partie - La méthodologie proposée par cette valise.....	6
1. Que contient cette valise pédagogique ?.....	1
A. Quatre dossiers « papier ».....	1
B. Du matériel.....	1
2. Quelle est la méthodologie proposée aux élèves ?.....	3
A. L'objectif de cette méthodologie.....	3
B. Les outils utilisés par cette méthodologie.....	3
3. Par quelles étapes les élèves vont-ils passer ?.....	4
A. L'annonce du défi.....	4
B. Le travail individuel.....	4
C. Le travail en groupe.....	4
D. La présentation des outils et du matériel.....	4
E. Construction des petites montgolfières.....	5
F. Expérimentation - Réalisation d'expériences liées à la thématique.....	5
G. La construction de la montgolfière de la classe.....	6
H. La synthèse.....	6
4. Quelle est la thématique abordée par cette valise ? Pourquoi l'avoir choisie ?.....	8
5. Quelles sont les compétences visées ?.....	9
6. Quelles représentations les élèves ont-ils des concepts abordés dans la valise ?.....	12
A. La montgolfière.....	12
B. L'air.....	13
C. La chaleur et la température.....	14
7. Quels prérequis dois-je maîtriser avant de commencer le projet avec mes élèves ?.....	16
8. Qu'est-ce que la démarche scientifique ?.....	17
9. Je voudrais créer ma propre valise pédagogique dans une autre thématique. Comment dois-je procéder ?.....	19
A. J'ai choisi une nouvelle thématique, comment vais-je trouver le point de départ de mon activité ?.....	19
B. J'ai sélectionné la situation mobilisatrice, comment vais-je construire les outils ?.....	19

Deuxième partie - L'organisation concrète dans ma classe	21
10. Comment vais-je proposer le défi à mes élèves ?.....	22
11. Comment vais-je organiser les ateliers ? Comment les élèves vont-ils sérier les paramètres ?.....	23
12. Quels sont les documents destinés à mes élèves ?	25
A. La grille d'autodiagnostic.....	25
B. Les fiches d'aide.....	25
C. Le carnet de bord.....	26
D. La correction des fiches d'aide	26
E. Le lexique.....	26
13. Pourquoi une grille d'autodiagnostic ? Comment les élèves vont-ils l'utiliser ?.....	27
A. Pourquoi cette grille ?.....	27
B. Comment se servir de cette grille ?	27
14. Pourquoi des fiches d'aide ? Comment les élèves vont-ils les utiliser ?	29
15. Comment vais-je organiser mon local ?	31
16. Quel timing dois-je prévoir ?	32
17. Où et quand faire les essais de décollage ?	34
18. Demande d'autorisation de vol.....	35
19. De quel matériel les élèves auront-ils besoin ?.....	36
20. Comment organiser la synthèse avec mes élèves ?.....	38
21. Comment utiliser le dossier « <i>Quelques notions théoriques</i> » ?.....	40
Troisième partie - La construction des montgolfières.....	43
22. Quelle forme et quel volume donner à l'enveloppe ?	44
A. Quelle forme ?.....	44
B. Quel volume ?.....	44
23. Quelle matière choisir pour construire la grande montgolfière ?.....	47
24. Comment dessiner, découper et assembler les fuseaux ?.....	48
A. Comment dessiner le gabarit ?.....	48
B. Comment découper les fuseaux ?	49
C. Comment assembler les fuseaux entre eux ?	49

- 25. Comment construire la nacelle ? 51
- 26. Comment gonfler l'enveloppe ? Comment chauffer l'air contenu dans l'enveloppe ? 52



PREMIERE PARTIE - LA METHODOLOGIE PROPOSEE PAR CETTE
VALISE

1. QUE CONTIENT CETTE VALISE PEDAGOGIQUE ?

La valise contient :

A. QUATRE DOSSIERS « PAPIER »

1. Le **livret**, appelé « *Comment utiliser cette valise pédagogique ?* », que vous tenez entre les mains.
2. Un **dossier**, appelé « *Quelques notions de physique pour les enseignants* », qui vous est exclusivement destiné. Ce dossier reprend (ou approfondit) certaines notions, concepts ou savoirs spécifiques du cours de physique qu'il est intéressant d'avoir en tête pour débiter le projet le plus sereinement possible. Nous attirons d'ores et déjà votre attention sur le fait que toutes les notions qui y sont présentées ne sont pas à maîtriser ! En effet, ce dossier a été construit de manière à être le plus complet possible, mais il est évident que chaque enseignant y prendra ce qu'il juge nécessaire en fonction de ses objectifs personnels.
3. Une **enveloppe**, appelée « *Documents destinés à vos élèves* », qui contient les documents à mettre à disposition des élèves (une grille¹ présentée sous la forme de « fleurs », des fiches² de couleurs permettant aux élèves de travailler de manière autonome, un exemple de carnet de bord³, des petits dossiers informatifs et un lexique). Nous vous conseillons de photocopier la grille, de découper les fiches et de plastifier le tout. Cela vous prendra un peu de temps mais cette préparation vous permettra d'utiliser par la suite les documents autant de fois que vous le souhaitez sans craindre que les élèves ne les abiment à force de manipulation. Ces documents seront à déposer au centre de la classe pour que les élèves puissent les utiliser facilement et le plus souvent possible⁴.
4. Une pochette, appelée « *Corrigés des fiches* », qui centralise les corrections des fiches de travail des élèves (appelées « fiches d'aide » par les élèves et « fiches de remédiation immédiate » dans la méthodologie proposée). Notez que ces fiches ne doivent pas être accessibles aux élèves sans votre autorisation puisqu'elles donnent les réponses aux questions posées dans les fiches de travail.

B. DU MATERIEL

Le matériel⁵ de base prévu pour les élèves : des feuilles de Mylar (appelées aussi « couvertures de survie ») pour confectionner l'enveloppe de la montgolfière, du papier collant double face, un sèche-cheveux pour gonfler l'enveloppe, un décapeur thermique pour chauffer l'air contenu dans l'enveloppe, des ballons de baudruche, un thermomètre, un mètre,...

¹ Voir questions n° 12,13 et 14

² Voir questions n° 12 et 14

³ Voir question n° 12

⁴ Voir question n° 15

⁵ Voir question n° 19

La méthodologie proposée par cette valise

Et enfin, un DVD qui ne doit en aucun cas être visionné par les élèves puisqu'il présente le matériel disponible dans la valise pédagogique, expose la méthodologie préconisée, explique comment construire la montgolfière et comment relever les défis proposés dans les expériences.

2. QUELLE EST LA METHODOLOGIE PROPOSEE AUX ELEVES ?

A. L'OBJECTIF DE CETTE METHODOLOGIE

L'objectif de cette méthodologie particulière est de susciter chez vos élèves l'envie de développer une série de compétences⁶. Pour atteindre cet objectif, les élèves mettront en œuvre des savoirs, savoir-faire et attitudes.

B. LES OUTILS UTILISES PAR CETTE METHODOLOGIE

En essayant de relever ce défi, vos élèves seront inévitablement confrontés à des difficultés. L'objectif, pour nous enseignants, sera alors de ne leur donner aucune solution à ces difficultés mais de les inciter à réfléchir et à utiliser au maximum tous les outils mis à leur disposition dans la valise. Deux outils sont essentiels : une grille et des fiches.

Cette grille, vous la reconnaîtrez facilement à sa forme (elle regroupe six « fleurs » de couleurs différentes). Elle porte un nom un spécifique : « grille d'autodiagnostic⁷ ». Les élèves peuvent l'appeler la « grille ».

Les fiches sont aussi très facilement identifiables (de format A5, ces fiches font référence à la grille) et sont appelées «fiches de remédiation immédiate⁷». Les élèves les appelleront « fiches d'aide » ou tout simplement « fiches ».

La méthodologie préconise aussi que vos élèves manipulent réellement. Une partie du matériel nécessaire est donc également prévue dans la valise.

⁶ Voir question n° 5

⁷ Vous retrouverez régulièrement cette dénomination dans les documents qui vous sont destinés et, si vous ne la connaissez pas encore, celle-ci vous deviendra familière.

3. PAR QUELLES ETAPES LES ELEVES VONT-ILS PASSER ?

A. L'ANNONCE DU DEFI

De manière à susciter chez vos élèves l'envie d'apprendre, toute la démarche est basée sur un défi à relever. Les thématiques visées par cette valise étant celles de l'air et de la pression atmosphérique, le défi proposé⁸ à vos élèves est de construire une petite montgolfière

B. LE TRAVAIL INDIVIDUEL

Avant de commencer la construction de la petite montgolfière, vous pouvez demander à chacun de vos élèves de réaliser un premier dessin personnel de l'engin qu'il imagine construire et de lister le matériel nécessaire à sa construction (cela vous permettra de prendre conscience des représentations mentales de chaque élève⁹). Il est important que ces dessins soient gardés précieusement pour que les élèves puissent les comparer à ceux qui seront réalisés en fin d'activité.

C. LE TRAVAIL EN GROUPE

Les élèves se regroupent par équipes. Chaque élève défend ses choix, découvre ceux des autres et écoute les arguments de chaque élève du groupe. Il ne s'agira pas d'opter pour la schématisation de l'un ou l'autre mais plutôt de parvenir à une construction unique, fonctionnelle, qui sera approuvée par chaque membre du groupe. Chaque groupe proposera alors un dessin commun et une nouvelle liste de matériel qui seront, cette fois, spécifiques au groupe.

Une fois que chaque groupe aura réalisé son schéma, une mise en commun avec vous sera effectuée. Cette phase est très importante car elle sera l'occasion de lister, d'étudier les paramètres qui influenceront le bon fonctionnement des montgolfières. Elle sera aussi éventuellement l'occasion de recadrer certains groupes qui se dirigeraient, tête baissée, vers une impasse¹⁰. Nous attirons notamment votre attention sur le paramètre « taille » qui ne semble pas inspirer beaucoup de questionnements aux élèves. Ces derniers préfèrent cibler le paramètre « matière » de l'enveloppe ou la construction de la nacelle.

D. LA PRESENTATION DES OUTILS ET DU MATERIEL

Ensuite, vous pouvez présenter les différents outils destinés à vos élèves. Cette étape est importante car elle vous permet d'insister sur l'utilité de chacun d'eux :

- La grille présentée¹¹ sous la forme de « fleurs ». Cette grille appelée « fiche d'autodiagnostic » permet à l'élève de diagnostiquer et d'identifier la difficulté qu'il rencontre. D'eux-mêmes, les élèves ne consulteront probablement pas cette grille, cette démarche n'est pas naturelle pour eux. Nous vous conseillons donc d'insister fortement sur le fait que c'est cette grille (et non pas vous) qui permet de trouver la réponse aux

⁸ Voir question n° 10

⁹ Voir question n° 6

¹⁰ Voir questions n° 10, 22 et 23

¹¹ Voir question n° 13

questions et que les élèves doivent la consulter le plus souvent possible (et ne pas vous poser la question comme ils en ont l'habitude par réflexe).

- Les fiches d'aide¹² que les élèves peuvent consulter. Vous pouvez aussi, à ce moment, insister sur le fait qu'elles sont proposées dans le but d'aider les élèves à répondre eux-mêmes à leur question et qu'elles leur permettent donc de travailler seuls et en autonomie.
- Le matériel¹³ utilisé pour construire la montgolfière. Il s'agit du matériel présent dans la valise pédagogique ainsi que du matériel qui sera apporté par vos élèves.
- Le carnet de bord¹⁴ dans lequel les élèves consigneront les réflexions, schémas, questions, constatations... En fin de projet, pour construire la synthèse globale, les élèves pourront se baser sur ces notes. Un exemple de carnet de bord est proposé dans la valise mais les élèves peuvent aussi s'en confectionner eux-mêmes un exemplaire avec des feuilles de classe.

En fonction de vos objectifs (des expériences choisies) et de leurs orientations de construction, les élèves pourront apporter du matériel complémentaire (de récupération) provenant de chez eux. Pour plus de facilité, vous pouvez vous référer à la liste¹⁵ donnée dans ces notes.

E. 1ERE PHASE DE MANIPULATION : CONSTRUCTION DES PETITES MONTGOLFIERES

Les élèves commenceront ensuite à manipuler. Le défi¹⁶ - construire une montgolfière - permet à vos élèves de travailler comme de vrais chercheurs et d'explorer les grands principes de la démarche scientifique¹⁷. Cette démarche consiste à identifier les différents paramètres en jeu et à en modifier un seul à la fois afin de mesurer son influence sur le résultat final. En voici quelques exemples, que vous sélectionnerez selon vos objectifs et votre timing :

En vue de tester le paramètre « matière »¹⁸, un groupe peut réaliser une montgolfière en tissu, un autre une montgolfière en papier, ou un autre encore une montgolfière en Mylar (la matière que nous conseillons).

Le paramètre « taille » consiste à mettre en lien la taille de la montgolfière (et donc le volume d'air qu'elle contient) et la charge à soulever. Ce paramètre est rarement envisagé par les élèves et pourtant il est crucial. Des groupes peuvent donc créer des montgolfières constituées d'une matière identique, mais de tailles différentes.

F. 2EME PHASE DE MANIPULATION : REALISATION D'EXPERIENCES LIEES A LA THEMATIQUE

¹² Voir questions n° 12 et 14

¹³ Voir question n° 19

¹⁴ Voir question n° 12

¹⁵ Voir question n° 19

¹⁶ Voir question n° 10

¹⁷ Voir question n° 8

¹⁸ Voir question n° 23

En plus de la construction des petites montgolfières, vous pouvez proposer à vos élèves de réaliser aussi différentes expériences liées à la thématique de l'air et mettant en évidence des notions théoriques importantes. Dans ce but, n'hésitez pas à renvoyer régulièrement vos élèves

vers les fiches d'aide¹⁹ repérées par le logo : . Une fois ces expériences réalisées, il vous sera possible de faire, avec le groupe classe, une synthèse globale des notions théoriques découvertes.

G. 3EME PHASE DE MANIPULATION: LA CONSTRUCTION DE LA MONTGOLFIERE DE LA CLASSE

Une fois l'expérimentation terminée, les élèves compareront les résultats obtenus par chaque groupe. Ils affirmeront ainsi que, parmi les matières proposées, c'est le Mylar (« couverture de survie ») qui est la plus efficace. Ils auront également constaté que plus le volume de la montgolfière est grand, plus celle-ci peut emporter une charge « lourde ».

L'ensemble des paramètres testés, les élèves seront capables de déterminer quelles sont la taille et la matière idéales pour construire la montgolfière la plus performante, celle de la classe. Vous pourrez passer alors à la construction collective de l'engin de la classe.

H. LA SYNTHESE

La synthèse²⁰ se déroule en plusieurs phases.

Lorsque vos élèves ont terminé leur expérimentation, ils schématisent la construction réalisée dans le but de la décrire ensuite au reste de la classe. Cette étape de structuration permet ainsi aux élèves de découvrir le travail de tous les groupes, de comparer les constructions et de faire le point sur les difficultés rencontrées au cours des manipulations.

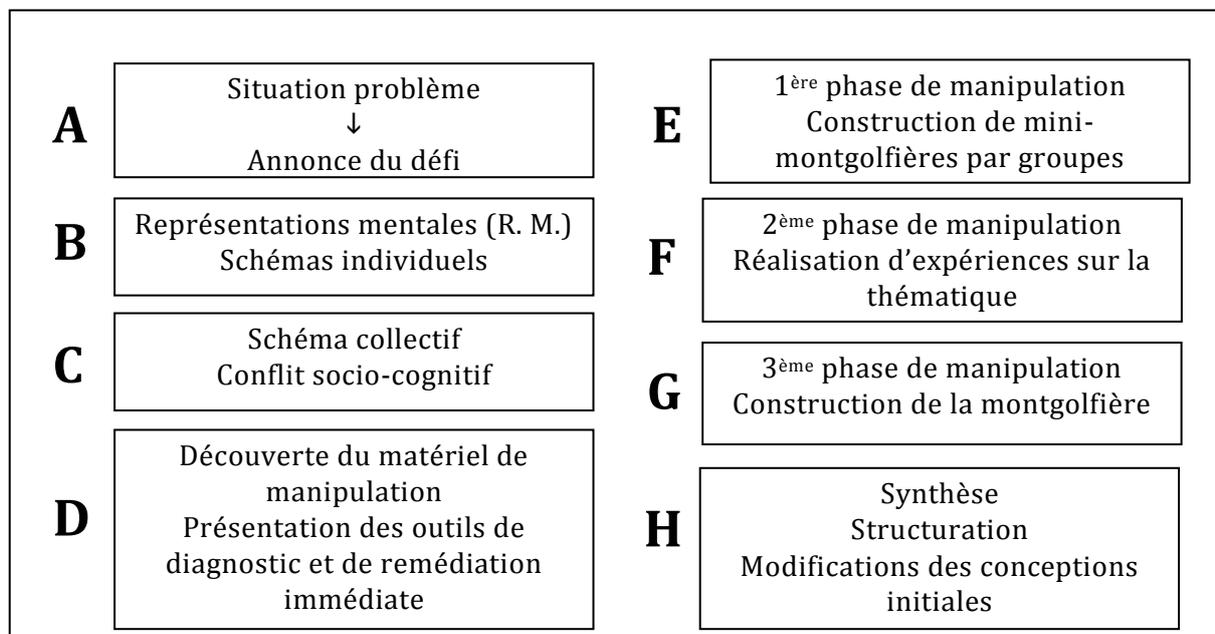
Votre tâche consistera alors à encadrer les réactions des élèves et à valider les principales étapes de construction ainsi que les notions qui ont été rencontrées au cours de la réalisation du projet. La synthèse sera construite à partir de ce travail de mises au point, par vous-même et par l'ensemble des élèves.

Il est aussi important que pendant la construction de cette synthèse vos élèves prennent conscience des modifications apportées à leurs conceptions initiales.

Il est possible de résumer la démarche dans son entièreté de la manière schématique suivante :

¹⁹ Voir questions n° 12 et 14

²⁰ Voir question n° 20



Comment aider mes élèves à passer de la phase des représentations écrites (quand on leur demande de dessiner la montgolfière qu'ils imaginent) à la phase de construction proprement dite ?

Ce qui est réellement important est que les élèves comprennent avant tout qu'il faut apprendre à réfléchir à une question (comment construire une petite montgolfière ?) et à travailler de manière scientifique. La construction est importante bien évidemment mais la manière d'y arriver l'est plus encore. Enfin, les choix (les paramètres) étant posés, les contraintes de timing font qu'il est matériellement impossible de tester toutes les propositions et que la valise contient le matériel nécessaire pour construire, en classe, la meilleure montgolfière possible.

4. QUELLE EST LA THEMATIQUE ABORDEE PAR CETTE VALISE ? POURQUOI L'AVOIR CHOISIE ?

Les thématiques abordées sont celle de l'air et de la pression atmosphérique.

L'air fait partie de notre quotidien et sans sa présence, respirer et donc vivre serait impossible. Sans sa présence, allumer une bougie, gonfler un ballon, ... seraient infaisables. L'air, bien qu'invisible, est omniprésent autour de nous. Il est donc important d'en prendre conscience et de pouvoir lui attribuer certaines propriétés physiques.

Régulièrement, les médias présentent des bulletins météorologiques, parlent de pollution atmosphérique, de réchauffement climatique... Un des objectifs de cette valise n'est pas que les élèves comprennent toutes ces informations mais surtout y deviennent sensibles et découvrent une démarche de recherche qui leur donnera progressivement, en tant que futurs citoyens, des prémices de réponses.

De plus, cette thématique fait bien partie des *Socles de compétences*²¹. Dans le cours *d'Eveil scientifique*, elle se trouve dans la rubrique « *L'air, l'eau, le sol* ». Certains savoirs comme « *L'air, la substance gazeuse qui nous entoure et dont nous percevons le mouvement* », « *La composition de l'air* », « *La pression atmosphérique* », font partie des notions à découvrir en dernière étape de l'enseignement fondamental.

²¹ Voir question n° 5

5. QUELLES SONT LES COMPETENCES VISEES ?

A travers la réalisation du défi que représente la construction de la montgolfière, la valise pédagogique a pour objectif de faire acquérir à vos élèves des savoirs et savoir-faire classés dans les parties *Eveil scientifique* et *Education par la technologie*. Les compétences visées sont, pour certaines, à certifier à l'issue de l'enseignement primaire, tandis que d'autres sont uniquement à sensibiliser en vue de faciliter la transition des élèves vers l'enseignement secondaire.

Les savoir-faire visés en éveil-initiation scientifique sont les suivants :

		E	C	↗
C2	L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices (facteurs, paramètres,...) susceptibles d'influencer la situation envisagée. (p. 35)		X	
C5	Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer des dispositifs expérimentaux simples et prendre des initiatives. (p. 37)			X
C12	Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique. (p. 39)		X	
C13	Schématiser une situation expérimentale et rédiger le compte rendu d'une manipulation. (p. 39)		X	
C14	Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés. (p. 40)			X
C15	Valider les résultats d'une recherche. (p. 40)		X	
C16	Elaborer un concept, un principe, une loi... (p. 40)		X	

Les savoir-faire visés en éveil-initiation par la technologie sont les suivants :

			E	C	↗
Observer	Identifier	Définir le problème à résoudre : décomposer le problème principal en sous-problèmes et les organiser les uns par rapport aux autres. (p. 64)		X	
Emettre des hypothèses	Analyser	Repérer les notions non comprises et décider de rechercher une explication. (p. 64)		X	
	Planifier	Recenser les différentes hypothèses de résolution. (p. 64)			X
		Choisir l'hypothèse de travail la plus favorable à partir de critères définis. (p. 64)		X	
Réaliser	Modéliser la situation	Effectuer un dessin à main levée pour formaliser la réalisation. (p. 65)			X
	Manipuler	Réaliser les opérations nécessaires dans un ordre adéquat pour aboutir à l'objectif fixé. (p. 65)			X
		Utiliser des outils, des matériaux et des équipements. (p. 65)		X	
Réguler	Identifier les erreurs et apporter des corrections ou des améliorations éventuelles. (p. 65)				X
Structurer	Formaliser la démarche dans un langage graphique. (p. 65)				X

Les savoir-faire repris dans les tableaux ci-dessus sont ceux qui sont visés par la valise pédagogique. Autrement dit, l'utilisation de l'outil vise le développement de ces savoir-faire par les élèves.

La méthodologie proposée par cette valise

Toutefois, lors de l'utilisation de l'outil, d'autres savoir-faire pourront aisément être sollicités. C'est l'enseignant qui, en fonction des caractéristiques de sa classe, pourra décider d'intégrer le développement de savoir-faire supplémentaires. Ceux-ci sont répertoriés dans les deux tableaux suivants. Le premier est relatif à l'éveil-initiation scientifique, le second à l'éducation par la technologie.

		E	C	↗
C3	Proposer au moins une piste de résolution possible. (p. 35)			X
C4	Reformuler les pistes retenues en fonction des regroupements opérés et planifier le travail de recherche (contraintes, ressources, répartition du temps et des tâches). (p. 36)			X
C6	Recueillir des informations par des observations qualitatives en utilisant ses cinq sens et par des observations quantitatives. (p. 37)		X	
C7	Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat. (p. 37)		X	
C7	Utiliser correctement un instrument de mesure et lire la valeur de la mesure. (p. 37)			X
C8	Exprimer le résultat des mesures en précisant l'unité choisie, familière et/ou conventionnelle et l'encadrement. Distinguer la grandeur repérée ou mesurée, de sa valeur et de l'unité dans laquelle elle s'exprime par son symbole. (p. 38)		X	

			E	C	↗
Emettre des hypothèses	Planifier	Formaliser des essais. (p. 64)			X
Réguler	Vérifier le résultat obtenu, son adéquation, aux critères de départ, sa conformité avec la solution recherchée. (p. 65)				X

En plus des savoir-faire cités ci-dessus, la réalisation d'un défi tel qu'il est proposé dans la valise favorise le développement de compétences transversales. En langue française, trois compétences sont visées (pp. 8-9) :

- Démarches mentales : saisir, traiter, mémoriser, utiliser et communiquer l'information ;
- Manières d'apprendre : réflexion sur la méthode de travail, planifier une activité, utiliser des outils de travail, des documents de référence ;
- Attitudes relationnelles : se connaître, prendre confiance, connaître les autres et accepter les différences.

En formation mathématique, les cinq compétences suivantes peuvent être développées (pp. 24-25) :

- Exposer et comparer ses arguments, ses méthodes ; confronter ses résultats avec ceux des autres et avec une estimation préalable ;
- Présenter des stratégies qui conduisent à une solution ;
- Créer des liens entre des faits ou des situations ;
- Combiner plusieurs démarches en vue de résoudre une situation nouvelle ;
- Procéder à des variations pour en analyser les effets sur la résolution ou le résultat et dégager la permanence des liens logiques.

Les savoirs à acquérir sont classés dans la partie *Eveil scientifique* des Socles de compétences. Ils sont relatifs à la chaleur et à l'air :

L'air, l'eau, le sol :

La méthodologie proposée par cette valise

- L'air, la substance gazeuse qui nous entoure et dont nous percevons le mouvement (p. 46) ;
- La composition de l'air (p. 46) ;
- La pression atmosphérique (aspect qualitatif) (p. 46).

En plus de ces savoirs, la réalisation du défi permet d'approcher d'autres notions comme les différents états de la matière (p. 45), la notion de masse volumique (p.45), les notions de masse et de poids et le concept de force (p.44).

6. QUELLES REPRESENTATIONS LES ELEVES ONT-ILS DES CONCEPTS ABORDES DANS LA VALISE ?

Avant d'entreprendre une nouvelle réflexion nous avons tous à l'esprit des connaissances, des souvenirs, des images. Ces « images » que l'on appelle « représentations » ou « préconceptions » sont malheureusement assez souvent incomplètes et ne correspondent pas toujours aux lois et aux théories scientifiques. De plus, sans que nous en prenions conscience, ces représentations résistent vaillamment à toute modification et nous jouent donc des tours insidieux dans la suite de notre apprentissage. Les élèves n'échappent malheureusement pas à ces préconceptions ! Il est donc très important de pouvoir les identifier afin d'en tenir compte.

Voici quelques-unes des représentations identifiées chez des élèves de 5^{ème} et 6^{ème} années primaires au sujet des concepts abordés par la valise.

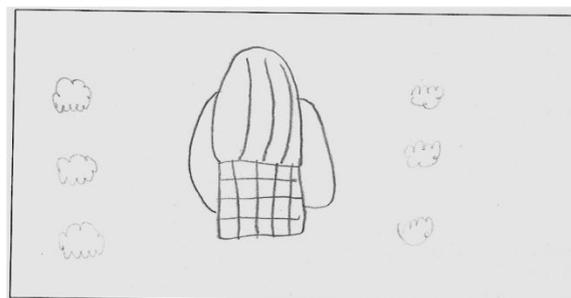
A. LA MONTGOLFIERE

En règle générale, les élèves de 10-12 ans savent ce qu'est une montgolfière. Dans le dessin de la montgolfière, chaque élève représente les deux éléments les plus visibles, à savoir, la nacelle et l'enveloppe. La plupart des élèves dessinent également une flamme, sans pour autant dessiner le bruleur.

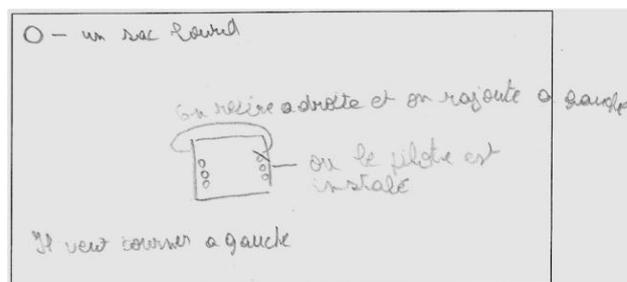
Bien que les élèves sachent ce qu'est une montgolfière, son fonctionnement, quant à lui, est moins bien compris par tous. Si la majorité des élèves ont conscience que c'est la flamme qui permet de faire décoller une montgolfière, ils sont peu nombreux à saisir la nature du phénomène qui lui permet de s'envoler dans les airs. Ainsi, pour certains élèves, c'est le souffle de la flamme qui pousse le ballon.

En ce qui concerne la façon dont le pilote choisit sa direction, cinq catégories de représentation sont observées. Celles-ci sont classées en fonction de leur fréquence d'apparition :

1. Il y a deux cordes et le pilote tire sur ces cordes en fonction du sens voulu (type Cerf-volant) :

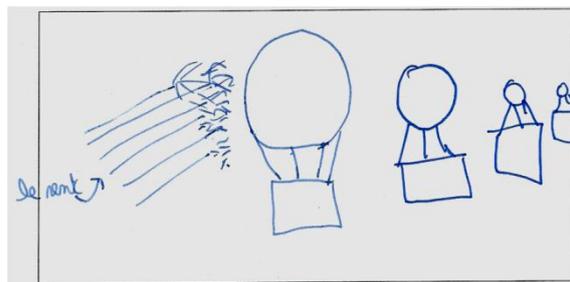


2. Le pilote répartit le poids (personnes et sacs de sable) du côté où il souhaite se diriger (type « skateboard ») :

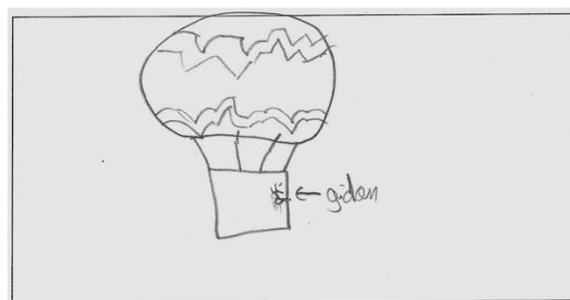


Dans ces deux catégories, l'idée est de faire pencher la montgolfière, mais le moyen mis en œuvre pour y arriver est différent.

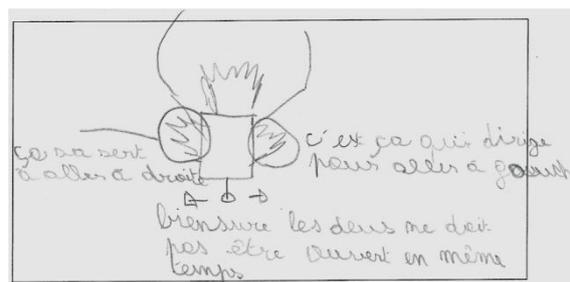
3. Le pilote tient compte du sens du vent :



4. Les élèves supposent l'existence d'un volant, d'un gouvernail :



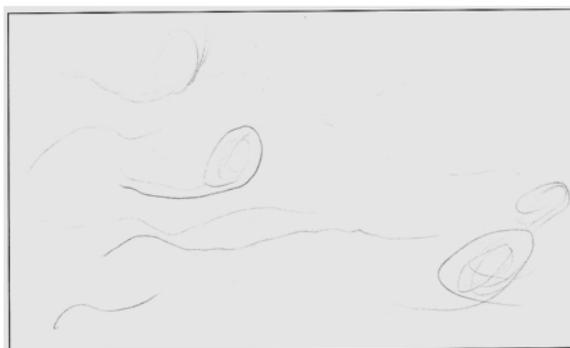
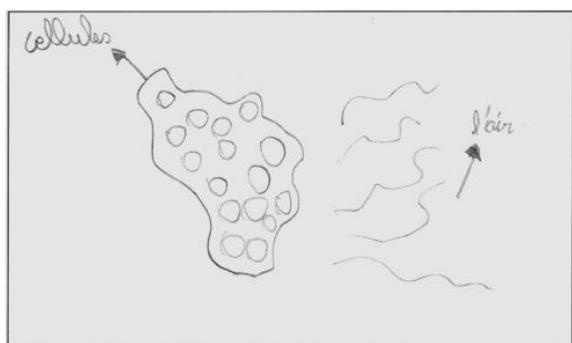
5. Le pilote change la direction de la flamme, comme si c'était la flamme qui poussait le ballon :



B. L'AIR

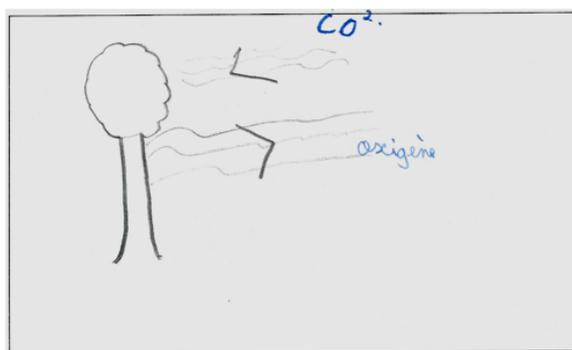
Les élèves ont conscience de l'existence de l'air qui nous entoure. Toutefois, si on leur demande de décrire le plus complètement possible le contenu d'un sachet fermé, peu évoquent spontanément la présence d'air.

La plupart des élèves se représentent l'air comme étant du vent. Bien que certains élèves proposent une représentation d'un amas de « cellules », la majorité des élèves tracent des « traits » qui représentent l'air qui se déplace.



Pour un nombre important d'élèves, l'air est composé d'oxygène et/ou de CO_2 mais pas d'autres composants. L'origine de cette représentation peut être expliquée par le fait que l'oxygène et le gaz carbonique sont les deux gaz dont on entend parler le plus souvent. Pour beaucoup d'élèves, l'air et l'oxygène sont deux choses identiques et sont produits par les arbres qui transforment le CO_2 .

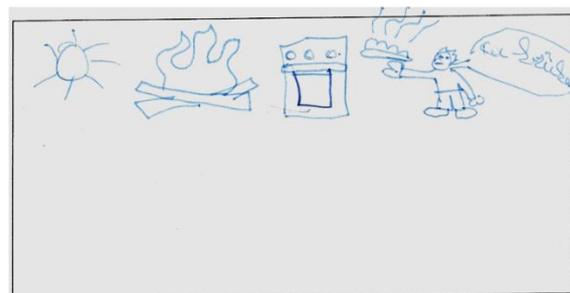
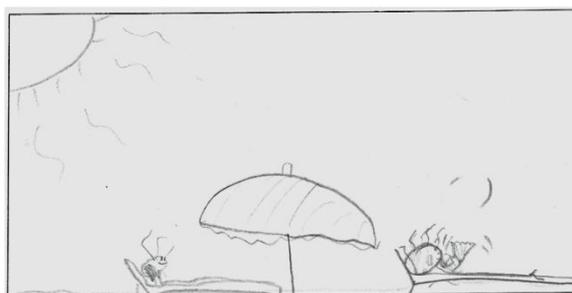
Enfin, si la majorité des élèves éprouvent des difficultés à décrire ce qu'est l'air, son aspect vital est, quant à lui, intégré par bon nombre d'entre eux qui précisent que l'air nous permet de respirer et donc de vivre.



C. LA CHALEUR ET LA TEMPERATURE

Pour la majorité des élèves, la chaleur est synonyme de « chaud », d'une température élevée et est donnée principalement par le Soleil. Certains associent le mot chaleur à une température corporelle élevée (« avoir des chaleurs »).

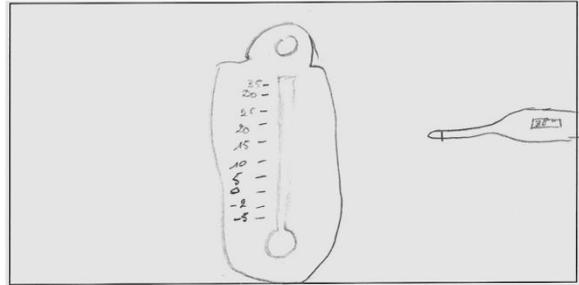
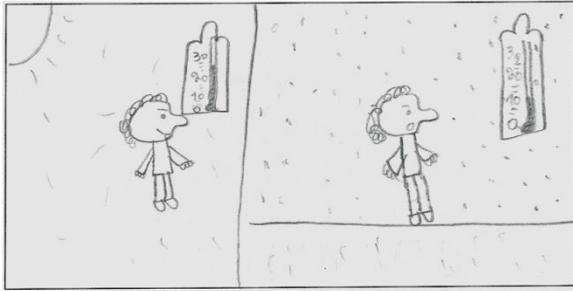
Quelques élèves indiquent que la chaleur correspond au temps qu'il fait, qu'il soit chaud ou froid. Enfin, d'autres signalent que la chaleur est une estimation du froid ou du chaud par les sens (en opposition à une mesure effectuée par un instrument). Toutefois, ces deux dernières catégories sont très peu représentées.



La méthodologie proposée par cette valise

Alors que, pour la majorité des élèves, la chaleur indique ce qui est chaud, la température indique également ce qui est froid. C'est d'ailleurs la principale distinction faite entre les deux notions.

Les élèves connaissent l'instrument utilisé pour mesurer la température. Parmi ceux qui définissent le mot par l'intermédiaire d'un dessin, c'est généralement un thermomètre qui est représenté. Enfin, beaucoup d'élèves évoquent que la température se mesure en degrés Celsius. Certains précisent également que d'autres unités existent.



7. QUELS PREREQUIS DOIS-JE MAITRISER AVANT DE COMMENCER LE PROJET AVEC MES ELEVES ?

Pour nous enseignants, les prérequis à maîtriser sont :

- les notions générales liées à la description des éléments essentiels d'une montgolfière et au rôle de chacun de ces éléments (si besoin, référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 1- §2) ;
- les caractéristiques essentielles du gaz qui nous entoure : l'air (référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 2- §3) ;
- les caractéristiques de la pression atmosphérique (référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 2- §5, 6, 7 et 8).

Il est possible que les élèves vous posent des questions sur :

- les ballons solaires et les ballons gonflés à l'hélium (référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 1- §3 et §4) ;
- l'atmosphère qui entoure la Terre (référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 2- §1) ;
- le phénomène de la respiration (référez-vous au dossier « Notions théoriques » - Chapitre 2- §9).

N'hésitez pas à consulter les annexes (dossier « Notions théoriques ») si vous souhaitez rafraichir certaines notions comme :

- la notion de force (exemples, caractéristiques, unité et appareil de mesure, principe des actions réciproques...);
- les notions de masse et poids ;
- les notions de masse volumique et densité.

Enfin, l'étude de la poussée d'Archimède ne fait pas partie du programme de primaire, mais c'est grâce à elle que les montgolfières peuvent s'élever dans les airs. Si vous souhaitez comprendre cette force, n'hésitez pas à consulter le dossier « Notions de physique » - Chapitre 3.

8. QU'EST-CE QUE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE ?

La démarche scientifique est un outil d'investigation que l'on utilise pour décrire et comprendre la réalité. Cette démarche, souvent utilisée en sciences (physique, biologie, chimie...), est basée sur le questionnement.

La démarche scientifique commence donc par une question, un défi à relever, une observation que l'on cherche à expliquer. Remarquons que pour que les élèves aient envie de répondre à cette demande, il est nécessaire que celle-ci ait du sens, qu'elle interpelle les élèves, les intéresse. Si ce n'est pas le cas, elle ne motivera pas les élèves.

Pour répondre à cette attente, il faut tout d'abord émettre des hypothèses (une hypothèse étant une réponse supposée plausible, une supposition raisonnable et logique, une solution anticipée au problème), trouver des paramètres, des indices, qui pourraient modifier la situation. Nous attirons d'ores et déjà votre attention sur le fait que, pour vérifier scientifiquement l'influence de ces paramètres, il faudra ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois et mesurer en quoi ces variations ont modifié le résultat final. Les paramètres étant parfois imbriqués les uns dans les autres, cela n'est pas toujours facile.

Pour tester ces hypothèses, il conviendra d'imaginer des expériences, de trouver des personnes ressource ou des références documentaires qui fourniront des résultats fiables. Ces résultats confirmeront ou infirmeront les hypothèses de départ.

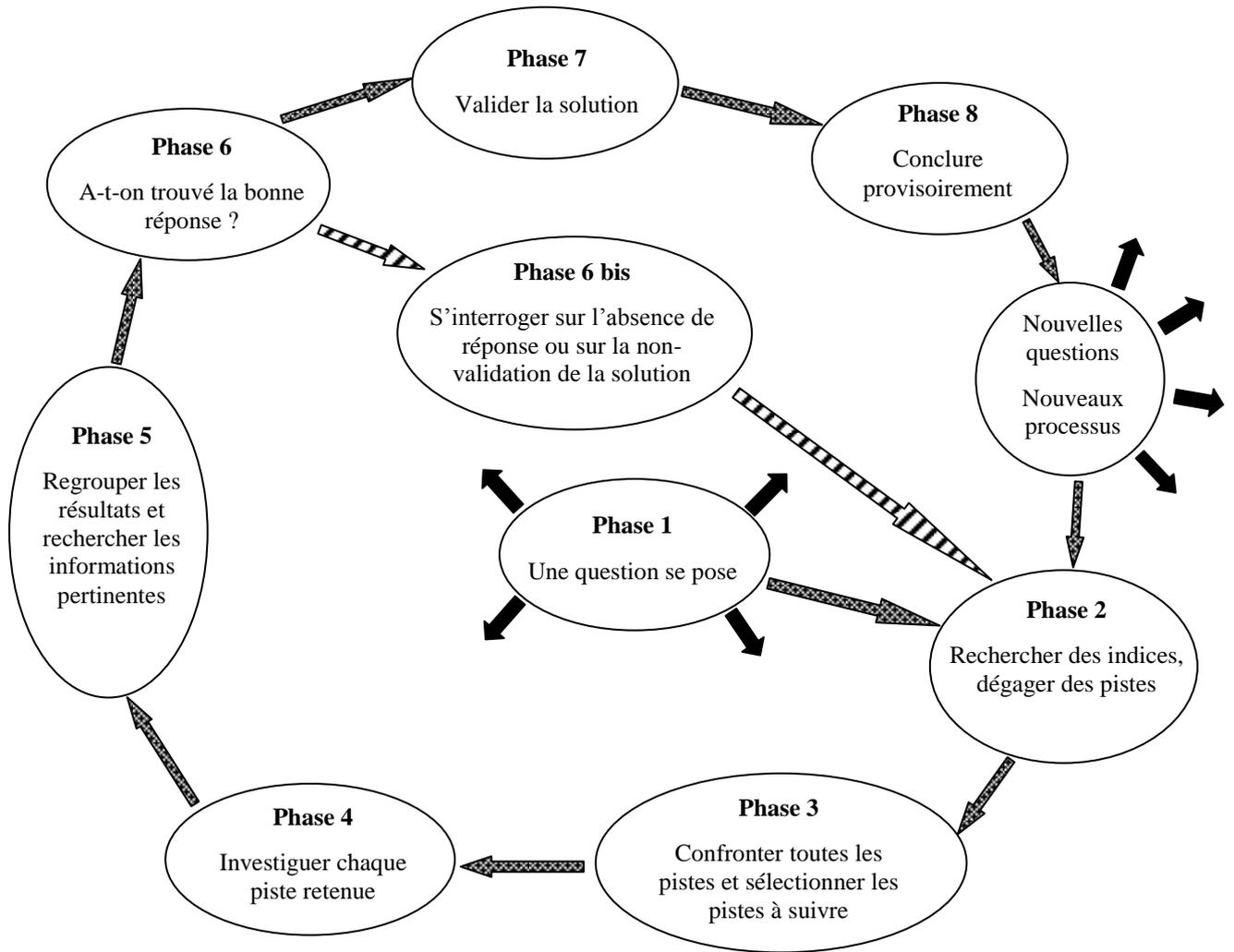
Dans le cas où les hypothèses sont confirmées, la réponse à la question est trouvée, le défi est relevé. Il sera alors possible de valider et de conclure. Cependant, pour être rigoureux, un petit bémol à cette conclusion est nécessaire : celle-ci pourrait être remise en cause (avec un matériel plus performant, une idée originale à laquelle personne n'a pensé jusqu'alors...) dans un futur plus ou moins proche. Soyons donc prudents et sachons que cette conclusion doit être considérée comme provisoire. La réponse, elle-même, peut amener d'autres questions qui susciteront une nouvelle recherche ...

Dans le cas où les hypothèses sont infirmées, de nouvelles questions se posent et il faut donc recommencer la démarche

En pratiquant la démarche scientifique, nous nous rendons rapidement compte que cette succession d'actions risque de se voir répétée et bousculée. Il y aura souvent plusieurs allers et retours entre ces différentes étapes de la démarche. Chacune de ces étapes correspondra à des reformulations qui permettront de transformer et dépasser les obstacles rencontrés, qu'ils soient expérimentaux ou conceptuels. Voilà pourquoi cette démarche est longue à mettre en place et, il faut bien le dire, relativement insécurisante. Cependant avec un peu de pratique, les avantages que l'on peut en retirer, que ce soit au niveau des élèves ou au niveau de l'enseignant, sont de loin plus intéressants que ses inconvénients.

Suite à cette succession d'allers et retours signalée plus haut, il n'est pas possible de schématiser les différentes étapes de la démarche scientifique par une succession linéaire qui aurait un début et une fin. Nous pouvons cependant la représenter sous la forme d'une boucle (que vous trouverez à la page suivante) :

Les différentes étapes possibles de la démarche scientifique :



9. JE VOUDRAIS CREER MA PROPRE VALISE PEDAGOGIQUE DANS UNE AUTRE THEMATIQUE. COMMENT DOIS-JE PROCEDER ?

Il est toujours un peu angoissant d'entreprendre une nouvelle méthodologie et cela, d'autant plus si on crée soi-même de toutes pièces les outils dont on aura besoin. Nous n'avons pas la prétention de vous expliquer ici comment il faut procéder. Voici cependant pour vous y aider, quelques pistes de réflexion à mettre en pratique suivant vos objectifs, le timing dont vous disposez et la composition de votre groupe-classe.

A. J'AI CHOISI UNE NOUVELLE THEMATIQUE, COMMENT VAIS-JE TROUVER LE POINT DE DEPART DE MON ACTIVITE ?

Le choix de la question à laquelle vous souhaitez confronter vos élèves est primordial. Ce choix va grandement conditionner la suite de l'activité. Voici quelques critères qui nous semblent être des gages de réussite :

- La situation de départ est-elle motivante pour mes élèves ? A-t-elle du sens ? Ces deux critères sont importants car une demande artificielle ou décontextualisée aura un impact moindre sur vos élèves. Ce sens peut être donné par un événement ou un élément proche de la réalité, par une anecdote lue ou entendue, une demande de construction d'objet technique fonctionnel...
- La question que j'imagine proposer n'est-elle pas trop facile ou trop difficile ? Trop facile la question ne motiverait pas les élèves ; trop difficile, elle les découragerait. Il faut que cette accroche soit située très légèrement au-dessus des capacités des élèves. Une situation dite « complexe » fait partie de ces situations. Le terme « complexe » ne signifie pas « difficile » mais est dit complexe parce qu'il nécessite de la part des élèves de mettre en œuvre différents savoirs, savoir-faire et attitudes qui ne seraient pas sollicités en même temps si la situation mobilisatrice était « simple ».
- La situation que vous choisirez doit aussi répondre aux objectifs que vous vous êtes fixés (la thématique, les points de la matière, les savoir-faire, les attitudes et les compétences visés)

B. J'AI SELECTIONNE LA SITUATION MOBILISATRICE, COMMENT VAIS-JE CONSTRUIRE LES OUTILS ?

Nous l'avons vu, les outils pédagogiques sont au nombre de quatre : la grille d'autodiagnostic, les fiches d'aide, les documents annexes et le matériel.

Tout comme il est nécessaire de vivre plusieurs fois une même leçon pour commencer à en être un peu satisfait, vous ne pourrez pas construire les différents outils de votre future valise en une seule fois. Il vous faudra plusieurs mises à l'épreuve de vos outils avant que ceux-ci ne soient efficaces et complets.

Dans un premier temps, il faudra surtout vous mettre à la place de vos élèves : faire preuve d'autant d'imagination qu'eux et envisager les questions qu'ils pourraient se poser.

- Tout d'abord, il est presque certain que vos élèves auront des difficultés pour organiser leur travail, structurer leur réflexion, ou choisir des options. Ces difficultés constitueront les différents pétales de la fleur *Organisation*.

La méthodologie proposée par cette valise

- Vous souhaiterez peut-être aussi que vos élèves manipulent. Listez les expériences en lien direct avec la thématique que vous voulez qu'ils découvrent. Chaque pétale de la fleur *Expériences* proposera une de ces expériences.
- Par contre, même si les élèves ne se posent pas de questions concernant les concepts, les notions théoriques, il sera important que vous puissiez les solliciter à en rechercher le sens. La fleur concept centralisera ces questions.
- Vous le savez très bien, vos élèves ne vont pas travailler à la même vitesse. Afin que les plus rapides ne s'ennuient pas, imaginez dès la construction du dispositif de petites réflexions de dépassement qui seront en lien avec la thématique que vous avez choisie. Ces réflexions (recherche de documentation, petit jeu, mesures, ...) orneront les pétales de la fleur *Pour aller plus loin*.
- Si vous proposez une construction comme défi initial, vous pouvez ajouter deux fleurs : la fleur *Construction* et la fleur *Pannes*. Pour élaborer ces fleurs, une seule solution : construisez l'objet technique vous-même. Il y a de grandes chances pour que vos élèves rencontrent les mêmes difficultés que vous.

Une fois ces questions identifiées, il faudra rédiger les réponses : les fiches d'aide qui permettront à vos élèves de résoudre les questions et de dépasser les difficultés sans votre aide en classe.

Pendant toute cette réflexion vous aurez manipulé, testé, sélectionné le matériel que vous pourrez alors proposer dans votre valise pédagogique que vous pourrez, pour terminer, baptiser d'un nom accrocheur et évocateur.

DEUXIEME PARTIE - L'ORGANISATION CONCRETE DANS MA
CLASSE

10. COMMENT VAIS-JE PROPOSER LE DEFI A MES ELEVES ?

Il est par exemple possible de proposer le défi à relever d'une manière suivante :

« Aujourd'hui vous allez relever un défi : construire un objet qui se déplace silencieusement et sans moteur dans les airs. Pour savoir de quel objet il s'agit voici une petite charade : « mon premier est un déterminant possessif, mon second est un sport dans lequel les joueurs envoient de petites balles dans des trous, mon troisième est avant aujourd'hui ».

Vous avez trouvé de quoi il s'agit²² ? Oui, d'une montgolfière !

Avez-vous déjà vu des montgolfières voler dans le ciel ? Vous allez donc construire une petite montgolfière. Mais attention, vous avez des consignes à respecter : votre montgolfière devra pouvoir s'élever de quelques mètres, tenir à cette altitude quelques instants et emmener avec elle une petite nacelle. »

²² La solution à la charade est « Mon-Golf-hier » donc « montgolfière ».

11. COMMENT VAIS-JE ORGANISER LES ATELIERS ? COMMENT LES ELEVES VONT-ILS SÉRIER LES PARAMETRES ?

Pour vos élèves, il est difficile de prendre conscience des différents paramètres qui influenceront l'envol de la montgolfière, de les sérier et encore davantage de les hiérarchiser. Votre rôle consiste à les aider à mettre de l'ordre dans cette étape fondamentale de la démarche scientifique et aussi d'insister sur une règle incontournable en sciences : nous ne pouvons faire varier qu'un seul paramètre à la fois.

Les paramètres, que vont très probablement vous proposer les élèves, sont ceux qui font référence aux parties visibles de la montgolfière : son enveloppe et sa nacelle. D'autres proposeront peut-être le système de chauffage de l'air contenu dans l'enveloppe.

L'importance sera principalement accordée à l'enveloppe, sa forme, sa taille et la matière qui la constituera. Une fois la montgolfière construite, la réflexion pourra se centrer sur le moyen de chauffer l'air.

De manière à rendre les comparaisons plus pratiques et plus simples, nous vous suggérons d'imposer le paramètre « forme ». La forme la plus courante est la forme ronde (qui correspond au gabarit donné dans les fiches²³ d'aide).

Une fois ce paramètre « forme » imposé, les élèves peuvent se répartir en deux types de groupes : d'une part les groupes qui modifient la matière²⁴ (une même taille pour les différentes textures d'enveloppes) et d'autre part les groupes qui modifient la taille (une même matière pour des volumes différents).

Lorsque l'influence de chacun de ces paramètres aura été mise en évidence et que vos élèves auront identifié les qualités et les défauts de leur petite montgolfière, il sera possible à l'ensemble de la classe de construire un plus grand modèle²⁵. Les différents systèmes de chauffage pourront éventuellement être testés sur ce modèle.

Un dernier paramètre, indépendant de notre volonté, est la météo²⁶. Il est préférable de tester les prototypes lors d'une journée sans vent et pas trop chaude.

- Une journée sans vent, car le vent rabattrait l'enveloppe et l'empêcherait de se gonfler.
- Une journée pas trop chaude, car la différence de températures (la température extérieure et la température de l'air chauffé) est un facteur déterminant pour l'envol. Plus cette différence est importante, plus l'envol est rapide.
 - o Il vaut donc mieux effectuer les tests en hiver.
 - o Cependant, si les vraies montgolfières volent surtout en été (pour des raisons de confort des passagers) elles ne s'envolent jamais en plein milieu de la journée car à ce moment les turbulences (vents tourbillonnants et imprévus qui peuvent être dangereux) sont importantes. Les meilleurs moments de la journée sont le soir et tôt dans la matinée : à ces moments-là, les turbulences sont moins gênantes.

Donc, si vous effectuez vos tests avec les élèves en été, préférez un début ou une fin de journée.

²³ Voir fiche n° 1 

²⁴ Voir fiche n° 2 

²⁵ Voir fiches n° 5A et 5B 

²⁶ Voir dossier supplémentaire consacré aux montgolfières, ballons solaires et ballons gonflés à l'hélium

Mes élèves sont impatients, ils s'embarquent dans des directions qui me semblent être des impasses. Que faire ?

Soit vous disposez d'un timing relativement large et vous pouvez laisser vos élèves prendre tout le temps nécessaire à une réflexion complète. Vous vous trouvez alors dans la situation pédagogiquement idéale. C'est en les laissant se tromper, tester différentes possibilités, faire des allers et retours sur les différentes pistes supposées, qu'ils vont réfléchir, découvrir, comprendre parfois et au final, retenir. Mais nous le savons tous, cette façon de procéder a un prix, celui du temps imparti à la démarche et nous connaissons les contraintes du programme...

Soit par contre vous avez un timing serré à respecter, ce qui est, il faut bien le dire, le plus souvent le cas. Vous pouvez alors leur proposer de faire le point régulièrement. Cela vous permettra de mettre en commun les idées, d'écouter les arguments et d'en discuter avant de commencer la construction. Ces moments d'échanges sont d'autant plus intéressants qu'ils vont très certainement faire émerger des questions essentielles que se posent les élèves à propos du comportement de l'air, qu'il soit chaud ou froid. Vous pourrez alors insister²⁷ sur la possibilité qui leur est offerte de réaliser de petites expériences simples avec le matériel de la valise et tenter ainsi de répondre à certaines de ces questions.

Mes élèves ne travaillent pas « scientifiquement ». Que dois-je faire ?

C'est tout à fait normal, spontanément les élèves ne soupçonnent pas l'importance des différents paramètres (forme, volume, matière, assemblage des fuseaux entre eux...). Cette façon de procéder ne leur est pas coutumière, ils n'ont par contre qu'une seule envie : construire leur petite montgolfière. C'est à nous, enseignants, de leur demander de se poser quelques instants, de réfléchir et de ne pas se lancer tête baissée dans la première direction entrevue. C'est le moment idéal pour discuter avec eux de la notion de « démarche scientifique²⁸ » (faire prendre conscience qu'il n'est possible de comprendre l'influence d'un paramètre que si l'on a bloqué tous les autres).

²⁷ Voir question n° 3 et toutes les fiches



²⁸ Voir question n° 8

12. QUELS SONT LES DOCUMENTS DESTINES A MES ELEVES ?

A. LA GRILLE D'AUTODIAGNOSTIC

La grille d'autodiagnostic (facilement identifiable par ses fleurs) permet à l'élève de sérier²⁹ et d'identifier les difficultés et/ou les questions dès que celles-ci apparaissent et cela, sans faire appel à votre aide.



Ce document est à photocopier par vos soins en autant d'exemplaires qu'il y a de groupes formés en classe.



Nous vous suggérons de plastifier les photocopies afin de pouvoir les réutiliser les années ultérieures.



B. LES FICHES D'AIDE

Les fiches d'aide (présentées en format A5) proposent des activités ou des réflexions qui permettent à l'élève de remédier à la difficulté rencontrée **au moment précis** où elle apparaît et, de nouveau, cela sans faire appel à votre aide.

Ces fiches sont imprimées en six couleurs différentes : chaque couleur correspond à la couleur d'une fleur de la grille précédente.



Afin de conserver le plus longtemps possible ces fiches, nous vous conseillons aussi de les plastifier. Le temps investi au départ sera largement récupéré par la suite.

N'oubliez pas de les couper en deux (suivant les pointillés) pour pouvoir les séparer ensuite les unes des autres.

L'ensemble de ces fiches pourra être déposé sur une table, au centre de la classe, de manière à ce que les élèves puissent venir les chercher librement en fonction de leurs besoins et venir les redéposer ensuite pour les autres condisciples.

Fiche n°2 : Estimez l'altitude à laquelle monte votre montgolfière

Il n'est pas facile d'estimer une altitude !

Voici quelques suggestions pour vous aider :

- Si la montgolfière s'élève dans la classe : comparez la hauteur à laquelle elle monte à votre taille, à la hauteur du plafond...
- Si la montgolfière s'élève à l'extérieur, près d'un bâtiment de l'école : essayez de compter le nombre d'étages...
- Si la montgolfière s'élève près d'un arbre : renseignez-vous sur la taille possible de cette espèce d'arbre...
- Vous pouvez aussi attacher une ficelle à la montgolfière, vous la déroulez très rapidement au fur et à mesure de la montée et mesurez la longueur de la corde une fois la montgolfière retombée.

Notez les résultats dans votre cahier de bord.

Pour comparer les différentes montgolfières construites, vous pouvez aussi mesurer d'autres caractéristiques : vous les trouverez dans les fiches n° 1, 3, 4 et 5.

²⁹ Voir question n° 11

13. POURQUOI UNE GRILLE D'AUTODIAGNOSTIC ? COMMENT LES ELEVES VONT-ILS L'UTILISER ?

A. POURQUOI CETTE GRILLE ?

Alors qu'il essaie de relever le défi, de construire la montgolfière, l'élève va régulièrement se trouver confronté à des questions. Son premier objectif sera de les identifier et ensuite d'y répondre. La fiche d'autodiagnostic va l'aider à cibler ces questionnements et les fiches d'aide vont lui permettre d'y répondre.

Nous l'avons déjà signalé à plusieurs reprises, il est très important d'inciter constamment les élèves à consulter cette grille car il ne s'agit pas là d'une démarche familière ! Cependant, une fois cette démarche comprise et adoptée par les élèves, ceux-ci en retireront une grande satisfaction et un grand bénéfice.

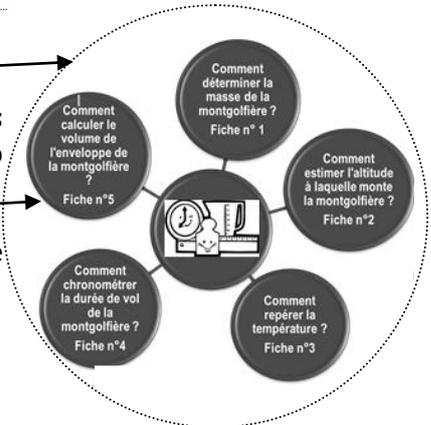


B. COMMENT SE SERVIR DE CETTE GRILLE ?

Cette grille est présentée sous la forme de différentes « fleurs » :

Chaque « fleur » correspond à un type particulier de difficultés susceptibles de se présenter à l'élève et est repérée par un logo spécifique et évocateur de la difficulté.

Chaque « pétale » de cette fleur présente une question unique appartenant au type de difficulté ciblée.



Si la difficulté est de l'ordre du choix du matériel (quelle matière utiliser pour confectionner l'enveloppe ?) ou de la manière de procéder (comment assembler ou dessiner les fuseaux de la montgolfière ?), l'élève consultera la fleur identifiée par le personnage enseveli sous des piles de documents.



L'enfant peut rencontrer des difficultés lorsqu'il mesure certaines grandeurs physiques (mesurer des longueurs, chronométrer des temps, déterminer des masses, repérer une température...). La fleur « mesure » l'aide à surmonter ces difficultés.



Si l'élève se pose des questions sur un concept : qu'est-ce que l'air ?, la pression atmosphérique ? Quelle est son influence sur la météo ? ..., il consultera la marguerite dont le logo central est un enfant perplexe.



Si la montgolfière ne s'élève pas dans la classe ou dans la cours de l'école, l'élève cherchera à en trouver les causes dans la fleur repérée par le très jeune médecin.



Afin que les élèves ne se contentent pas « uniquement » de la construction de l'engin mais découvrent également certaines notions qui se cachent derrière le principe physique qui permet à la montgolfière de s'envoler, une petite dizaine de défis sont proposés dans la fleur « expériences ». Cette fleur est identifiable par le logo d'un laborantin.



Enfin, l'élève qui aurait relevé son défi avant les autres pourra entamer de nouvelles réflexions grâce à la fleur repérable par le logo représentant un enfant qui monte sur une échelle et qui part explorer de nouveaux horizons.

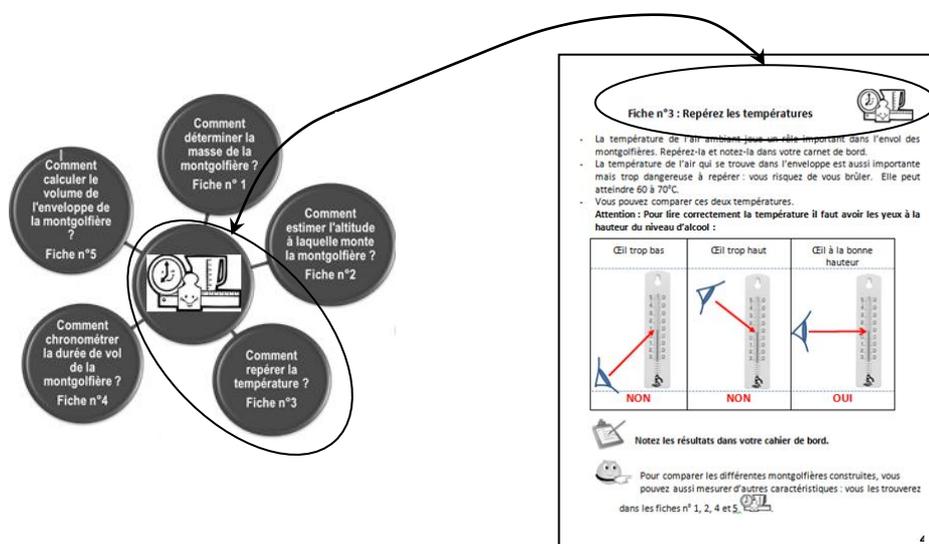


14. POURQUOI DES FICHES D'AIDE ? COMMENT LES ELEVES VONT-ILS LES UTILISER ?

Ces fiches proposent des activités ou réflexions qui permettent à l'élève de remédier à la difficulté rencontrée au moment précis où elle apparaît.

Chaque fiche d'aide comporte, dans son coin supérieur droit, un logo faisant référence à la difficulté correspondante. Les logos proposés sont identiques à ceux que l'on trouve dans la grille d'autodiagnostic.

Ainsi par exemple, si l'élève ne sait pas comment repérer une température, il cherchera sur la grille d'autodiagnostic la fleur « mesure » , il constatera qu'il s'agit du pétale n°3 et ira chercher la fiche « mesure » n°3 :



Aucune fiche ne donne, à elle seule, LA solution. À chaque fois que cela est possible, les fiches se font référence entre elles et se complètent mutuellement de manière à faire rebondir l'élève de question en question et à lui permettre ainsi de construire son propre cheminement cognitif.

Comme pour l'emploi de la grille d'autodiagnostic, nous insistons sur la nécessité de solliciter régulièrement vos élèves à consulter ces fiches. Lorsqu'ils auront compris l'intérêt de la démarche, ils en tireront de grandes satisfactions : ils seront fiers d'avoir pu vaincre la difficulté seul ou avec leurs condisciples.

Mes élèves se posent des questions mais ne vont pas spontanément consulter la grille et les fiches. Est-ce normal ? Que dois-je faire ?

Si les élèves ont tendance à attendre une aide de votre part, il est tout à fait normal qu'ils ne songent pas à consulter ces fiches. Il faut les y aider, susciter ce qui deviendra ensuite un réflexe. Comme nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, il est vraiment important d'insister sur l'utilité de ces outils. Car progressivement les élèves iront les consulter et vous poserez de moins en moins de questions (sauf si la réponse à leur question ne se trouve pas dans les fiches). À la fin du projet, les élèves seront fiers

de pouvoir se débrouiller, si pas de manière tout à fait autonome, tout au moins avec plus d'indépendance.

Mes élèves ne consultent pas les fiches qui traitent des concepts et celles qui proposent de petites expériences ? Est-ce normal ?

Oui, de nouveau c'est normal. Si nous n'y prenons pas garde, ces fiches ne seront pas consultées par les élèves puisqu'elles ne sont pas absolument nécessaires à la construction proprement dite de la montgolfière. Cependant ces fiches sont aussi très importantes car elles permettent de dépasser le stade pur de la construction et d'aller plus loin dans la réflexion des concepts (pour la première catégorie des fiches dont il est question ici) et de matérialiser certaines propriétés étonnantes de l'air (pour la deuxième catégorie). N'hésitez donc pas à proposer aux élèves de les utiliser, sans modération !

15. COMMENT VAIS-JE ORGANISER MON LOCAL ?

Si vous en avez la possibilité, vous pouvez modifier la disposition des bancs.

Vous pouvez par exemple :

- Placer les bancs deux par deux (face à face) pour que les élèves puissent y travailler tranquillement en groupe.
- Maintenir un banc central inoccupé sur lequel sera déposé le matériel commun à la classe. Les élèves trouveront sur ce banc central :
 - o Les fiches d'aide (les fiches étant communes à la classe, il est logique de les centraliser au milieu de la classe. Les élèves viennent les chercher, les utilisent dans l'atelier et les rapportent ensuite – en respectant autant que possible le classement – afin que d'autres élèves puissent en profiter à leur tour).
 - o Le lexique et un ou plusieurs dictionnaires.
- Placer un banc légèrement à l'écart, les élèves viendront y déposer tout le matériel apporté³⁰ par leurs soins : une balance de cuisine, différentes cordes, différents tissus ou papiers, des petites boîtes en carton ou en polystyrène ... ; mais aussi colle, lattes, mètres rubans, agrafeuses, papier collant, crayons...
- Déposer sur votre bureau, les corrections des fiches d'aide (celles qui sont prévues pour les élèves et non pas celles qui vous sont destinées) et les petits dossiers informatifs sur les montgolfières, ballons solaires ou gonflés à l'hélium.

³⁰ Voir question n° 19

16. QUEL TIMING DOIS-JE PREVOIR ?

Le timing nécessaire pour mener à bien ce projet va varier très fort d'un enseignant à l'autre. En effet, ce seront vos objectifs et vos contraintes qui imposeront un choix.

Une option possible peut consister à consacrer entre 5 et 10 périodes de cours. Cette option permet aux élèves de construire l'engin et de réaliser les expériences proposées dans les fiches d'aide.

- La première période peut être consacrée à l'annonce du défi, à la réalisation du premier dessin individuel des élèves et du dessin de groupe³¹.
- Les deux périodes suivantes peuvent faire l'objet :
 - o de la présentation des outils³¹ : la fiche d'autodiagnostic et les fiches d'aide, le carnet de bord et le matériel ainsi que le recensement du matériel supplémentaire ;
 - o des différentes constructions³¹ et des premiers tests.
- Entre deux et quatre périodes peuvent être ensuite consacrées aux expériences liées à la thématique. Plusieurs choix sont possibles :
 - o vous réalisez vous-mêmes ces expériences devant les élèves,
 - o ou un élève par atelier vient montrer l'expérience de cet atelier aux autres élèves de la classe,
 - o ou encore, les élèves manipulent eux-mêmes et passent d'atelier en atelier... Le nombre de périodes variera donc en fonction de la façon dont vous procéderez.
- Lors de la période suivante, une montgolfière plus grande et qui allie toutes les qualités des petites montgolfières peut être construite et testée.
- Pendant la dernière période, tous les élèves réunis, et avec votre aval, construisent la synthèse³¹. Chaque élève peut aussi comparer³¹ son premier dessin au dessin réalisé lors de la synthèse afin d'en apprécier l'évolution.

Ce que l'on pourrait rapidement résumer de la manière³¹ suivante :

	Temps (+/- min)
Étape A : annonce du défi	15 min
Étape B : schéma individuel	30 min
Étape C : formation des groupes et schéma collectif	15 min
Étape D : présentation des outils	20 min
Récolte du matériel	
Étape E : construction et tests des petites montgolfières	1 x 50 min
Étape F : expériences sur la thématique	3 x 50 min
Étape G : construction et test de la grande montgolfière	1 x 50 min
Étape H : structuration et synthèse	1 x 50 min

Une autre option peut s'étaler sur une demi-année et constituer un projet de classe. Dans cette option, les élèves peuvent vraiment approfondir les notions abordées par la valise, travailler

³¹ Voir question n° 3 (étapes de A à H)

L'organisation concrète dans ma classe

l'interdisciplinarité : règle de trois, passage d'une vision en 3D à une vision en 2D, calculs de capacités ... pour le cours de mathématiques ; lecture, communication écrite et orale ... pour le cours de français ; lecture de cartes géographiques ; étude d'une carte météo ; une excursion vers un rassemblement de montgolfières ; visionner le film *Là-Haut* de Carl Frederickson, Les prolongements sont nombreux.

17. OU ET QUAND FAIRE LES ESSAIS DE DECOLLAGE ?

Les premiers essais vont certainement se faire en classe, dans un couloir, dans la salle de gymnastique... Ensuite, les élèves voudront sortir faire des essais dans la cour.

Il faut bien évidemment éviter les journées durant lesquelles il y a du vent. Celui-ci rabattra l'enveloppe qui se dégonflera et compromettra grandement vos chances de réussite.

Le principe d'Archimède peut, dans le cas où la différence de masse volumique s'obtient en chauffant l'un des deux gaz, s'énoncer de la manière suivante : plus la différence de température air chaud / air froid est importante, plus la poussée d'Archimède sera importante (donc plus la montée sera rapide). Il est donc plus facile de faire monter une montgolfière par temps froid que dans une pièce où l'air est déjà surchauffé !

Si l'organisation de votre agenda le permet, il est préférable de commencer l'activité dès la rentrée des classes en septembre et de tester les prototypes à la fin de l'hiver (c'est à ce moment que la différence de température sera plus grande). Cependant si votre timing vous amène à faire les tests à la fin de l'année scolaire, choisissez plutôt un début de matinée qu'un après-midi. En effet, c'est au petit matin, ou en fin de journée, que l'air est le plus calme et qu'il y a le moins de turbulences.

18. DEMANDE D'AUTORISATION DE VOL

Les petites montgolfières construites par les enfants ne s'élèveront pas haut dans le ciel et ne demanderont aucune précaution particulière.

La grande montgolfière de la classe va très probablement monter à une altitude de quelques dizaines de mètres, redescendre et se poser sur le sol. Si le vol est captif, l'engin est maintenu par une ficelle et vous le récupèrerez sans problème. Si le vol est libre, il faudra peut-être aller à sa recherche dans le jardin attenant à la cour de l'école, ou plus loin si le vent s'engouffre dans l'enveloppe. Nous vous conseillons donc le vol captif.

Par contre, si vous faites des tests, en vol libre, avec le ballon solaire (que vous avez dans la valise, attention pour ces tests il faudra attendre des journées bien ensoleillées), celui-ci sera susceptible de monter vite, haut et longtemps dans le ciel. Si vous ne l'attachez pas, il pourrait très bien atteindre l'altitude des petits avions, nous vous conseillons de vous renseigner sur la législation en vigueur et vous risquez de le perdre définitivement. Nous vous conseillons donc aussi le vol captif (et dans ce cas, pas de demande d'autorisation à prévoir).

19. DE QUEL MATERIEL LES ELEVES AURONT-ILS BESOIN ?

Il est important que vous ne passiez à cette étape, avec vos élèves, que lorsque ceux-ci auront réalisé leurs premiers dessins (individuel et groupe). En effet, lister avec les élèves le matériel à apporter reviendrait à donner des indices qui influenceraient la démarche de recherche des élèves.

Pour relever le défi, les élèves disposent du matériel se trouvant dans la valise pédagogique et d'autre part du matériel qu'ils ont apporté (il s'agira alors de matériel de récupération que les élèves trouveront sans problème chez eux).

Voici un échantillon de ce matériel.

	Matériel prévu dans la valise	Matériel à apporter
Pour les constructions des petites montgolfières		<ul style="list-style-type: none"> - Différents plastiques, tissus, papiers... - Différentes colles, papier collant... - Différentes ficelles - Du carton fort (pour découper le gabarit) - Des ciseaux - Lattes, crayons, gommes... - Bougies chauffe-plats
Pour la grande montgolfière	<ul style="list-style-type: none"> - Six feuilles de Mylar ³² - Un sèche-cheveux (pour remplir l'enveloppe) - Un décapeur thermique (pour chauffer l'air) 	
Pour effectuer les mesures :	<ul style="list-style-type: none"> - Un mètre ruban - Un thermomètre 	<ul style="list-style-type: none"> - Balance de cuisine - Chronomètres ou montres (avec secondes) - Différents baromètres
Pour réaliser les petites expériences :		
Fiche n°1  . L'air est partout, tout autour de nous !	<ul style="list-style-type: none"> - Un ballon de baudruche 	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles (bien lissées !) de journal - Une grande latte - Deux bouteilles en plastique (une avec fond et une sans fond)
Fiche n°2  . L'air occupe un certain volume !	<ul style="list-style-type: none"> - Aquarium ou récipient transparent - Gobelets ou verres transparents 	<ul style="list-style-type: none"> - Bouchons en liège - Mouchoirs en papier
Fiche n°3  . L'air appuie dans toutes les directions !	<ul style="list-style-type: none"> - Gobelets - Pailles 	<ul style="list-style-type: none"> - Cartes postales - Petits morceaux de papier

³² Ces feuilles sont appelées « couvertures de survie », elles sont très légères, très résistantes aux tractions et aux températures, elles sont argentées d'un côté et dorées de l'autre. On en trouve notamment dans les magasins Décathlon.

L'organisation concrète dans ma classe

 Fiche n°4 Une quantité d'air chaud n'occupe pas le même volume que la même quantité d'air froid !	<ul style="list-style-type: none"> - Aquarium ou récipient transparent - Un ballon de baudruche - Une bouteille en plastique - De l'eau chaude 	
 Fiche n°5 Air chaud, air froid	<ul style="list-style-type: none"> - Deux thermomètres 	
 Fiche n°4 Flotte ou coule ?		<ul style="list-style-type: none"> - Un œuf cuit dur - Un récipient pouvant contenir l'œuf et de l'eau - De l'eau - Du sel
 Fiches n° 2 et 3 Les ballons solaires	<ul style="list-style-type: none"> - Un ballon solaire (plastique très fin, de couleur noire et de forme cylindrique) 	

Le tableau ci-dessous reprend les adresses auxquelles vous pourrez trouver le matériel consommable (au meilleur rapport qualité/prix) :

Couverture de survie	<ul style="list-style-type: none"> - Girodmedical - Rue du Marais 4 - 44000 Nantes - France - Magasins Décathlon
Papier collant double face	Farnell - Rue de l'Aéropostale 11, 4460 Grace-Hollogne
Décapeur thermique, thermomètres, mètres, corde de maçon, ...	Hubo
Sèche-cheveux	Colruyt Discount
Aquarium	Tom and Co
Ballons solaires	Pearl Diffusion - Rue de la Scheer 6 - ZI Nord BP 10168 - 67603 Sélestat Cedex - France
Le reste du matériel (gobelets, ballons de baudruche, pailles, mouchoirs en papier...) se trouve très facilement dans toutes les grandes surfaces.	

20. COMMENT ORGANISER LA SYNTHÈSE AVEC MES ÉLÈVES ?

Cette dernière étape est fondamentale et aura son impact maximal si les élèves eux-mêmes ont l'occasion de construire la synthèse. Notre rôle, à nous enseignants, consistera alors à accompagner les élèves dans leur mise en commun, les guider si nécessaire, corriger certaines erreurs, enfin valider les notions scientifiques initialement ciblées souligner les compétences acquises grâce à ce projet.

Cette phase de structuration devrait aussi permettre à chaque élève de mesurer l'évolution de ses propres représentations mentales, de corriger celles qui étaient initialement erronées et d'ancrer celles qui sont correctes.

Au-delà de la construction proprement dite, il est souhaitable qu'un début de réponse à la question « Pourquoi une montgolfière peut-elle s'envoler dans l'air ? » s'imisce progressivement dans l'esprit des élèves. La réponse complète n'est bien évidemment pas accessible à des enfants du niveau fin de primaire, mais des amorces de réponse, comme par exemple, prendre conscience de certaines propriétés de l'air chaud, peuvent se mettre en place, et constituer les fondations d'une future étude, plus précise.

La synthèse va bien entendu varier d'une classe à une autre et aussi en fonction des choix des activités réalisées en classe. En effet, les élèves qui auront réalisé les expériences et/ou eu la curiosité de consulter les fiches « concept » auront découvert et fixé davantage de notions que ceux qui ne l'ont pas fait. Il est donc difficile de donner une synthèse type. En voici cependant un exemple :

1. Les qualités d'une montgolfière :

- La montgolfière doit être la plus légère possible.
- L'enveloppe doit être suffisamment grande (contenir beaucoup d'air chaud), le tissu de l'enveloppe doit être léger et ne doit pas brûler, il ne doit pas y avoir de fuites entre les différentes parties de l'enveloppe.
- Il faut que l'air contenu dans l'enveloppe soit suffisamment chaud, le système de chauffage doit donc être suffisamment puissant.

2. Les meilleures conditions météorologiques :

- Il est nécessaire que l'air soit calme, sans vent.
- La température extérieure ne doit pas être trop élevée.

3. La montgolfière s'élève dans les airs ...

... parce qu'une force pousse la montgolfière vers le haut. Cette force dépend du poids de la montgolfière et de la différence de températures (entre l'air chaud dans l'enveloppe et l'air ambiant).

4. L'air :

- L'air est partout : dans la classe, dans la bouteille....
- L'air peut être comprimé.
- L'air appuie sur tous les objets. L'air appuie dans toutes les directions (du bas vers le haut, du haut vers le bas, de la gauche vers la droite, de la droite vers la gauche, ...).
- Nous ne sentons pas cette pression car notre corps y est habitué.
- L'air est un gaz invisible, incolore et inodore.
- L'air est un mélange de différents gaz.
- Une quantité (masse) d'air « chaud » occupe un volume plus grand que la même quantité (masse) d'air « froid ».
- Un certain volume d'air chaud est plus léger que le même volume d'air froid.

5. Chaleur et température :

- Un objet qui peut sembler très chaud à une personne peut sembler moins chaud à une autre. La sensation de chaleur dépend donc d'une personne à l'autre.
- On peut mesurer cette sensation avec un thermomètre, on mesure alors la température.

21. COMMENT UTILISER LE DOSSIER « *QUELQUES NOTIONS THEORIQUES* » ?

Le dossier *Quelques notions théoriques* a été conçu pour vous offrir un maximum d'informations en lien, direct ou indirect, avec les thématiques visées par cette valise pédagogique.

En fonction de vos objectifs, vous y puiserez les informations que vous jugerez utiles. Toutes les notions exposées ne sont, bien évidemment, pas à aborder en classe. Certaines de ces notions ne sont reprises dans ces notes que dans le but d'anticiper un maximum de questions qui pourraient survenir, pendant la préparation ou le déroulement du projet en classe.

Voici un bref résumé de ce dossier :

Le premier chapitre retrace, dans les grandes lignes, l'histoire des aéronefs : des premiers essais des frères Montgolfier aux actuels ballons solaires très performants en passant par les zeppelins et les montgolfières sportives.

Le deuxième chapitre répond à quelques questions concernant l'air : quelles sont les principales propriétés des gaz ? Qu'est-ce que la pression atmosphérique ? Avec quels appareils peut-on la mesurer ? ...

Le troisième chapitre illustre le principe de la poussée d'Archimède et explique son rôle lors des vols de montgolfières.

Le quatrième chapitre reprend les corrigés des fiches de remédiation (appelées « Fiches d'aide » par les élèves). De nombreuses informations complémentaires vous sont proposées dans ce chapitre. De nouveau, vous entrerez dans la compréhension des détails en fonction de vos objectifs et de vos élèves.

Enfin, les annexes reprennent d'autres informations complémentaires relatives à certaines notions abordées dans les chapitres précédents mais de manière plus approfondie. Ces notions, bien qu'intéressantes et importantes, ont été regroupées dans l'annexe de manière à ne pas alourdir le cœur du dossier.

22. JE VOUDRAIS ENRICHIR MA DOCUMENTATION, QUELLES REFERENCES PUIS-JE CONSULTER ?

Pour l'aspect didactique :

- *Enseigner les Sciences physiques - Collège et classe de 2^{ème}* - D. Courtillot, M. Ruffenach - Bordas pédagogie - 2004.
- *Enseigner les Sciences physiques - L'enseignement par compétences* - M. Ruffenach, D. Courtillot - Bordas - 2009.
- *Problèmes de sciences et de technologie - Pour le préscolaire et le primaire* - M. Thouin - Editions MultiMondes - 1999.
- *Sciences - 64 enquêtes pour comprendre le monde* - J.-M. Rolando, G. Simonin, P. Pommier, J. Nomblot, J.-F. Laslaz, S. Combaluzier - Editions Magnard - 2003.
- *La pression atmosphérique : un jeu d'enfants ?* T. Castermans, P. Gillis, S. Mélin - Recherche en éducation 65/00 - Ministère de la Communauté Française.

Pour d'informations concernant les montgolfières :

- *Montgolfières L'aventure dans les airs* - B. Piccard ; R. Magni ; D. Comi ; J. Becker ; Editions White Star - 2009.

Liste, non exhaustive, de sites sur lesquels il est possible de trouver des informations sur ...

- L'air :

<http://www.crdp-montpellier.fr/cd66/map66/fichiers/projetsfederatifs/air/cycle%203%20air.pdf>

- La météorologie :

<http://www.larousse.fr/encyclopedie/nom-commun-nom/m%C3%A9t%C3%A9orologie/69777>

- L'influence de la rotation de la Terre sur les dépressions et anticyclones :

<http://galileo.cyberscol.qc.ca/intermet/vent/pvent2corio.htm>

- Le climat :

<http://www.sceren.fr/eedd/selectionWeb/pourlaclasse.htm>

- La poussée d'Archimède :

<http://lewebpedagogique.com/dunant77/2009/10/22/experience-2-la-poussee-darchimede/>

- Les montgolfières :

- o <http://www.lamap22.net/La-montgolfiere.html>
- o http://www.crea-sciences.be/divers/montgolfiere.htm#_Toc108792155
- o http://www.dailymotion.com/video/x37mtt_mini-montgolfiere-essai-2_news
- o <http://www.momes.net/dictionnaire/m/montgolfiere/montgolfiere.html>
- o <http://dipi1.free.fr/montgolfiere.htm>

- Les ballons solaires :

- o <http://ballonsolaire.free.fr/ballon.htm>
- o <http://ballonsolaire.pagesperso-orange.fr/essais-autres2008.htm>
- o <http://ballonsolaire.pagesperso-orange.fr/essais-autres2006.htm>
- o <http://www.paperblog.fr/1705870/mini-ballon-solaire-ou-plus-grand-fabrication-a-la-porter-de-tous/>
- o <http://www.google.be/>
- o <http://ballonsolaire.pagesperso-orange.fr/>

L'organisation concrète dans ma classe

- <http://amifaunuscatalogue.over-blog.org/article-voler-en-ballon-solaire-37574639.html>

-Les ludions :

- <http://bateaux-alain.chez-alice.fr/plouf2.html>
- <http://bateaux-alain.chez-alice.fr/coulapic.html>
- <http://bateaux-alain.chez-alice.fr/plouf.html>

TROISIEME PARTIE - LA CONSTRUCTION DES
MONTGOLFIERES

23. QUELLE FORME ET QUEL VOLUME DONNER A L'ENVELOPPE ?

A. QUELLE FORME ?

Les montgolfières que nous voyons dans le ciel sont très souvent de forme sphérique. Cependant, parfois, lors de reportages concernant des meetings aériens ou lors de concours de lâchers de montgolfières, on peut voir des formes surprenantes : animaux, moyens de locomotions ou personnages connus et appréciés du grand public.

Dans un premier temps, les élèves risquent de vouloir s'embarquer, têtes baissées, dans des constructions très compliquées. Nous vous suggérons donc fortement, pour des raisons pragmatiques et dès le début du projet, de discuter avec eux des chances de réussite de leur construction. Est-ce qu'une forme compliquée ne va pas engendrer des collages délicats et donc des risques importants de fuites ? Est-ce qu'une forme simple, au contraire, ne diminuerait pas le nombre de découpes, le nombre de collages et donc les risques de fuites d'air ?

Une fois le choix de la simplicité reconnu, nous vous conseillons de proposer une forme unique aux élèves : la forme sphérique. Ce choix, qui peut sembler arbitraire, se justifie par deux arguments. Le premier est tout à fait acceptable pour les enfants : la forme sphérique offre à la montgolfière une meilleure stabilité, un meilleur équilibre, par rapport à une forme qui serait asymétrique et qui pourrait se renverser. Ensuite, le deuxième argument qui est inaccessible aux élèves mais intéressant pour nous, la sphère s'avère être la forme qui offre le plus grand volume pour une surface minimale³³ ce qui est aussi avantageux. Voilà pourquoi, la plupart des « vraies » montgolfières ont une forme proche de la sphère.

La discussion va ensuite naturellement amener les élèves à se demander comment on construit une sphère. Certains élèves penseront aux ballons de plage que l'on gonfle et qui sont formés par un assemblage de « fuseaux » (un élève pourrait peut-être en amener un exemplaire en classe). D'autres penseront peut-être à une orange que l'on découpe en quartiers (une fois décollé, chaque morceau de pelure à la forme d'un fuseau). D'autres encore penseront peut-être aux fuseaux du planisphère (une fois découpés et assemblés, les fuseaux reforment la sphère). De nouvelles questions : Comment dessiner les fuseaux sur le tissu ou le papier ? Quelle taille leur donner ? Combien de fuseaux faut-il découper ? La taille et le nombre de fuseaux à découper ne sont pas faciles à déterminer. Deux patrons sont proposés dans les fiches pour aider les élèves.

B. QUEL VOLUME ?

Vous pourrez certainement constater que le paramètre « volume » n'est pas un paramètre qui semble interpeller les élèves. C'est normal, ceux-ci auront très probablement une idée dominante en tête : s'occuper de la nacelle et y mettre un petit personnage. Les élèves ne percevront donc pas l'importance de la taille de l'enveloppe et construiront de toutes petites montgolfières (dont les chances de voler seront, il faut bien l'avouer, ... nulles).

³³ Soit les autres formes nécessitent plus de surface pour un volume aussi grand que la sphère, soit elles offrent un volume plus petit pour une surface identique.

Pourtant le volume de l'enveloppe est un des paramètres fondamentaux qui va conditionner la charge qui va pouvoir s'élever dans les airs.

Dans un premier temps vous pouvez poser quelques questions aux élèves : Est-ce que le volume de son enveloppe a de l'importance ? Est-ce qu'une petite montgolfière s'envolera ? Est-ce qu'une plus grande montgolfière, plus lourde, y parviendra ?

Nous, enseignants, devons toujours avoir en mémoire un rapport entre la charge à soulever et le volume nécessaire pour soulever cette charge. Voici ce qu'il en est : si l'on suppose qu'il y a une différence de températures (entre celle de l'air ambiant et celle de l'air chauffé dans l'enveloppe) de l'ordre de 60°C (ce que l'on peut atteindre si l'on fait les tests à une température ambiante d'environ 20°C et que l'on chauffe l'air dans l'enveloppe à environ 80°C avec le décapeur thermique) alors, dans ces conditions, un volume de 1m³ sera nécessaire pour soulever une masse de 250 g environ. Or, on arrive vite à 250 g ! Il faudra donc 1m³ au minimum.

Si vous souhaitez construire une seule montgolfière qui soit commune à toute la classe et qui ait toutes les chances de s'élever, nous vous conseillons donc fortement d'en construire un modèle dont le volume est d'au moins 1m³. Vous trouverez son gabarit dans trois documents (ci-dessous dans ce livret, dans les fiches d'aide et dans le dossier enseignant).

Dans un deuxième temps, quand vos élèves auront perçu l'importance de la grandeur de l'enveloppe il sera nécessaire de leur proposer des valeurs précises. Vous pouvez le faire en leur proposant la lecture de la conversation entre un aérostatier et deux enfants :

Mes élèves construisent des montgolfières qui me semblent trop petites. Que faire ?

Les élèves ne peuvent pas comprendre le lien entre le volume de l'enveloppe et la masse de la montgolfière, nous vous suggérons de leur proposer l'échange suivant entre un aérostatier et deux enfants :

Olivia et François, frère et sœur, ont vu, fin de semaine passée, une montgolfière se poser dans le champ situé au bout de leur jardin. Ils ont été l'observer de plus près et surtout ont posé quelques questions au pilote. Voici un petit compte rendu de leur conversation :

- Olivia : « Bonjour monsieur. Elle est belle la montgolfière ! »*
- François : « Bonjour monsieur. J'aimerais bien en piloter une un jour ! »*
- Le pilote : « Bonjour les enfants. Merci, oui voler dans le ciel est vraiment une belle aventure et la vue est splendide de là-haut. »*
- François : « C'est lourd une montgolfière ? »*

- Le pilote : « Celle-ci a une masse totale (la montgolfière complète et les passagers) de 500 Kg.»
- Olivia : « J'ai compté 4 passagers, est-ce que nous aurions pu monter aussi, mon frère et moi ? »
- Le pilote : « Non, malheureusement, la montgolfière aurait été trop lourde. Il aurait fallu une enveloppe plus grande. Celle-ci a un volume de 2000 m³ seulement. J'espère qu'une prochaine fois je pourrai vous emmener.»
- Le pilote : « Au revoir les enfants. »
- Les enfants : « Au revoir monsieur.»

Vous trouverez ce texte dans le carnet de bord (dans le dossier documents à photocopier).

A partir des informations données dans le texte ci-dessus, les enfants pourront calculer (en effectuant des règles de trois) quel devra être le volume de l'enveloppe pour soulever, par exemple, une charge de 250 g, 500 g, 1 kg ...

Pour nous, dans l'exemple du petit texte ci-dessus :

Il faut un volume de 2000m³ d'air chaud (environ 80°C) pour soulever une charge de 500kg : 2000 m³ → 500 kg

Donc, 1m³ d'air chaud soulève une charge de $\frac{500}{2000} = 0,250 \text{ kg} : 1\text{m}^3 \rightarrow 250 \text{ g}$

Ayons toujours ces valeurs en mémoire : pour soulever 250g, il faut environ 1m³ d'air chaud (environ 80°C).

24. QUELLE MATIERE CHOISIR POUR CONSTRUIRE LA GRANDE MONTGOLFIERE ?

Les possibilités évoquées par les enfants en ce qui concernent la matière à employer pour confectionner l'enveloppe seront nombreuses : papier de soie, tissu, papier journal, sacs plastiques (genre sacs-poubelle) ... La réflexion est, une fois encore, essentielle. Si la matière est trop lourde, n'empêchera-t-elle pas la montgolfière de monter dans les airs ? Trop fine ou trop fragile se déchirera-t-elle ? Il y aura une source de chaleur toute proche, comment s'arranger pour que l'enveloppe ne brûle pas ? Le papier de soie ne va-t-il pas laisser s'échapper l'air ?

Parmi le matériel proposé dans la valise vous trouverez cinq sachets contenant chacun un film plastique appelé « Mylar » (ou PET, polyéthylène téréphtalate). Ce film est facilement reconnaissable car il présente une face dorée et une face argentée. Il est fabriqué à partir du pétrole, est notamment vendu pour servir de couvertures de survie en cas d'accident routier. Cette matière a de nombreuses qualités dont celles d'être très résistante à la traction (une personne peut être transportée allongée directement dans cette couverture qui sert alors de brancard) et celle d'être un bon isolant thermique. Il maintient la température corporelle d'une personne blessée (côté argenté à l'intérieur) ou protège de la chaleur (côté doré à l'intérieur). Ce matériau a donc beaucoup de qualités requises pour construire une bonne enveloppe de montgolfière : il permettra de construire un prototype ultra léger qui résistera à la pression exercée par l'air contenu dans l'enveloppe ainsi qu'aux grandes températures du système de chauffage.

25. COMMENT DESSINER, DECOUPER ET ASSEMBLER LES FUSEAUX ?

A. COMMENT DESSINER LE GABARIT ?

Nous l'avons signalé à plusieurs reprises, il est difficile pour les enfants de concevoir de manière précise la forme et la taille de l'enveloppe. L'essentiel est qu'ils aient reconnu l'importance d'en discuter. Par la suite, ils consulteront les fiches d'aide. Deux fiches³⁴ proposent des gabarits pour dessiner les fuseaux de prototypes de tailles différentes (environ 1m³ et 2m³ respectivement). Ils sont repris ci-dessous :

1^{er} exemple (environ 1 m³)

Gabarit pour découpe des fuseaux (volume de la montgolfière environ 1 m³)

Axe horizontal (en cm)	Axe vertical (en cm)
0	6
6	8
12	10
17	13
22	16
28	19
34	21
39	23
45	25
51	27
56	28
61	29
67	30
73	31
79	31
84	31
90	30
96	29
101	28
106	27
112	25
118	23
124	20
129	19
134	17
140	15
145	14
152	13
157	13

2^{ème} exemple (environ 2 m³)

× 10 fuseaux

Symétrique

a=-.7
b=69
c=2.5
d=26.7
e=4.7

a=2.5
b=27.5
c=2.8
d=26.7
e=26.7

a=2.7
b=26
c=1.4
d=24.5
e=26.7

a=1.4
b=41.3
c=1
d=14.6
e=24.5

a=1
b=49
c=0
d=6.3
e=14.6

10 cm

modèle original proposé par *La Main à la pâte*³⁵
<http://www.lamap22.net/La-montgolfiere.html>
<http://dipi1.free.fr/montgolfiere.htm>

³⁴ Voir fiches n° 5A et 5B



³⁵ « LA MAIN A LA PATE a été lancée en 1996, à l'initiative de Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, Pierre Léna, Yves Quéré et de l'Académie des sciences dans le but de rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire en favorisant un enseignement fondé sur une démarche d'investigation scientifique » http://www.lamap.fr/?Page_Id=50

Le deuxième modèle semble plus difficile, mais si vous souhaitez le réaliser il est tout à fait possible de le simplifier en transformant les différents morceaux en trapèzes.

Pour reproduire le gabarit, il suffit de prendre un carton léger ou un papier épais (de manière à pouvoir utiliser le même gabarit plusieurs fois de suite) suffisamment grand ou alors plusieurs morceaux collés les uns aux autres ; de reporter le quadrillage ou les dimensions données (le tout est donné en centimètres) et ensuite de découper les formes obtenues.

Attention : Dans les deux cas, il sera nécessaire d'attirer l'attention des élèves sur le fait qu'il s'agit, d'un demi-fuseau, et que donc le tissu (plastique ou papier) devra être plié en deux avant d'être découpé.

De nombreuses formes relativement simples, mais sans gabarit précis, pour les ballons solaires (les ballons dans lesquels l'air contenu dans l'enveloppe est chauffé par le Soleil) sont aussi proposées sur le site : <http://ballonsolaire.pagesperso-orange.fr/index.htm>

B. COMMENT DECOUPER LES FUSEAUX ?

Nous donnons ici les explications pour le premier gabarit mais elles sont tout aussi valables si vous souhaitez construire le deuxième prototype.

Une fois le gabarit dessiné et découpé, il faut le reproduire sur le matériau (tissu, papier, plastique, film de Mylar...) choisi pour confectionner l'enveloppe. Décidons ici, pour éviter la répétition de toutes les matières, que nous utilisons le film de Mylar.

Comme nous l'avons déjà signalé, les gabarits constituent des demi-fuseaux, il faudra donc que le film soit plié en deux avant d'être découpé. Ensuite, les élèves pourront déposer le gabarit sur le film en faisant correspondre la partie droite du gabarit avec le pli du film, tracer la forme du gabarit et enfin, découper les deux couches du film en même temps pour découper la forme complète du fuseau.

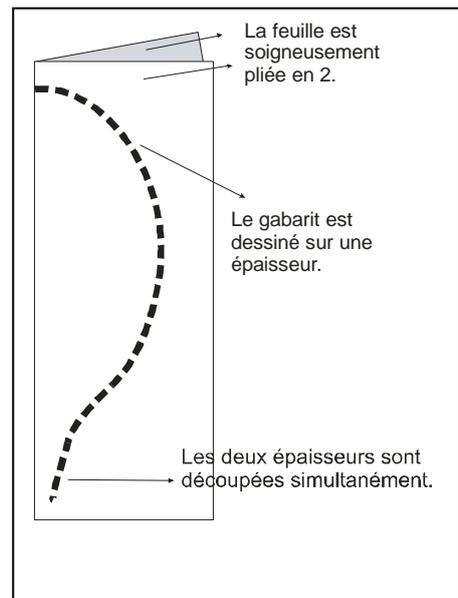
Pour faciliter la découpe, il peut s'avérer pratique d'attacher temporairement le film à la table pour qu'il ne glisse pas pendant l'opération.

Cette découpe devra être effectuée autant de fois qu'il y aura de fuseaux à l'enveloppe (6 fuseaux pour le premier prototype, 10 dans le second cas).

C. COMMENT ASSEMBLER LES FUSEAUX ENTRE EUX ?

Une fois tous les fuseaux découpés, il faut les assembler les uns aux autres. Les élèves vont certainement proposer de coller ou de coudre, ou même agraffer les différentes parties de l'enveloppe.

Il est certain que la manière d'assembler les fuseaux est, elle aussi, importante : il faut éviter à tout prix les fuites tout en veillant à ne pas alourdir l'enveloppe. Utiliser de la colle pour



assembler les fuseaux ne nous semble pas être la meilleure option. Cette manière de faire requiert certaines qualités de bricolage, comme la minutie (ne mettre de la colle que là où elle est nécessaire, ailleurs elle assemblerait deux parties qui ne doivent pas l'être !) et la patience de la part des élèves (il faut attendre que la colle sèche avant de pouvoir déplacer les parties assemblées - parfois il faut attendre 24h). De plus, il est indispensable qu'elle résiste à la chaleur, ce qui n'est pas le cas de toutes les colles. Il faut donc lire attentivement les conditions de bon emploi !

Afin de court-circuiter ces trois inconvénients, vous trouverez, dans la valise, du papier collant double-face qui a le mérite de bien coller et de résister aux fortes températures (plus de 100 °C). Bien que relativement facile à positionner, il est préférable que les élèves qui souhaitent l'utiliser fassent quelques essais sur des chutes de plastique afin d'éviter les premières pauses hasardeuses sur les fuseaux de la future montgolfière. Il est préférable de procéder progressivement : coller les fuseaux petit morceau de papier collant (environ 10 cm de long) par petit morceau de papier collant ... sans laisser d'endroit libre car l'air pourrait s'échapper par ces orifices ce qui empêcherait l'enveloppe de se gonfler de manière optimale.

Voici un exemple de succession d'opérations possibles :

1. Coupez une petite longueur (pas plus de 10 cm) de papier collant.
2. Ne détachez pas la partie protectrice du papier collant.
3. Collez le côté collant sur le bord du premier fuseau et appuyez régulièrement sur toute la longueur du papier collant pour obtenir une bonne adhésion.
4. Recommencez cette opération (de 1. à 3.) sur tout le pourtour du fuseau.
5. Enlevez la pellicule protectrice du papier collant.
6. Déposez le deuxième fuseau sur le premier (bord à bord) pour assembler les deux fuseaux, de nouveau, appuyez régulièrement sur toute la partie collée pour obtenir une bonne adhésion.
7. Recommencez de 1. à 6. pour tous les autres fuseaux.
8. Terminez en collant le dernier fuseau au premier fuseau de manière à fermer l'enveloppe.

26. COMMENT CONSTRUIRE LA NACELLE ?

Le critère qui conditionne la construction de la nacelle est bien évidemment son poids. Il faudra qu'elle soit la plus légère possible. De petites boîtes en polystyrène, en aluminium, ou en carton léger... feront très bien l'affaire. Il va aussi de soi que le système de suspension de la nacelle devra lui aussi être le plus léger possible : il ne sert à rien d'utiliser de la grosse ficelle pour suspendre une boîte d'allumettes !

27. COMMENT GONFLER L'ENVELOPPE ? COMMENT CHAUFFER L'AIR CONTENU DANS L'ENVELOPPE ?

Les élèves vont se poser des questions concernant le remplissage de l'enveloppe et le chauffage de l'air. Il est bien évident que le leitmotiv est toujours la sécurité. Les élèves ne doivent en aucun cas se brûler ou brûler l'enveloppe de la montgolfière ! Les élèves vont peut-être penser à utiliser une bougie chauffe-plat, une coupelle contenant un gel inflammable pour les fondues, une petite bonbonne de gaz de camping, ou des allume-feu pour les barbecues. Nous pensons que ces systèmes sont trop dangereux : un coup de vent, l'enveloppe s'incline, les flammes lèchent l'enveloppe et celle-ci risque de brûler. Il sera donc décidé de chauffer la montgolfière à partir du sol, avant qu'elle ne décolle avec un système électrique (sans flamme). Elle pourra ensuite s'élever dans les airs mais n'y restera pas très longtemps puisque l'air se refroidira assez vite.

Le sèche-cheveux sera probablement assez puissant pour chauffer les petites montgolfières (dont le volume est inférieur à 1 m³). Il est probable alors que vos élèves soient assez vite contents du résultat : leur montgolfière monte... Il conviendra cependant d'être vigilant et de vérifier qu'elle monte pour la bonne raison à savoir parce que l'air de l'enveloppe est suffisamment chauffé et non pour une mauvaise raison (à cause du courant d'air du sèche-cheveux). La meilleure façon de s'assurer qu'il s'agit bien de la bonne raison est de couper la ventilation du sèche-cheveux : si la montgolfière se maintient en l'air, c'est bien grâce à l'air chauffé de l'enveloppe, si par contre elle redescend tout de suite, c'est qu'elle n'est maintenue en l'air que par la ventilation du sèche-cheveux et l'objectif n'est donc pas atteint. Les élèves seront un peu déçus mais la rigueur scientifique nous oblige à cette mise au point et ce sera pour eux l'occasion de trouver de nouvelles pistes, ce qu'ils ne manqueront pas de faire !

Le sèche-cheveux ne sera pas assez puissant pour chauffer l'intérieur de la « grande » montgolfière. Il faudra alors utiliser le décapeur thermique³⁶. Vous en trouverez un modèle dans la valise. Ce décapeur étant puissant (trop pour les petites montgolfières), il conviendra de faire attention à la direction du jet d'air chaud. Nous vous conseillons fortement de vous en réserver l'utilisation exclusive.

Quand utiliser le sèche-cheveux, quand utiliser le décapeur thermique ?

Pour toutes les petites montgolfières (quelques dm³) : il est possible de gonfler et de chauffer l'air avec le sèche-cheveux. Le décapeur sera trop puissant et risquerait de brûler l'enveloppe.

Pour la grande montgolfière (1m³ ou plus) : suggérez aux élèves de s'inspirer de ce que font les vrais aérostats. Lorsque l'on observe les aérostats, on constate que dans un premier temps ils gonflent l'enveloppe de leur montgolfière avec un ventilateur (ils remplissent l'enveloppe avec de l'air à température ambiante), et qu'ensuite ils chauffent l'air avec les brûleurs.

Nous vous conseillons donc dans un premier temps de gonfler l'enveloppe de votre grande montgolfière avec un sèche-cheveux (ou un ventilateur) et après de chauffer l'air avec le décapeur

³⁶ Cet appareil sert à faire sauter les peintures fixées sur le bois.

thermique. La combinaison des deux instruments est idéale : le sèche-cheveux (ou un ventilateur) permet de remplir l'enveloppe d'air, le décapeur de chauffer l'air.

Est-ce que l'enveloppe ne risque pas de brûler ?

Si vous utilisez le sèche-cheveux pour chauffer l'air contenu dans l'enveloppe, il n'y a aucun risque, mais les chances de voir monter la montgolfière seront très faibles car l'air dans l'enveloppe ne sera probablement pas assez chaud.

Si vous utilisez le décapeur thermique pour chauffer l'air contenu dans l'enveloppe en tissu ou en papier, les risques que cette enveloppe prenne feu sont énormes. Nous vous déconseillons de le faire.

Si vous utilisez le décapeur thermique pour chauffer l'air contenu dans l'enveloppe réalisée avec la couverture en Mylar, celle-ci est prévue pour résister à de fortes températures. Elle ne doit donc normalement pas s'enflammer. Si toutes fois elle commence à brûler, elle ne devrait pas le faire complètement. Elle s'arrêtera de se consumer spontanément. Il y aura un trou dans l'enveloppe mais elle sera réutilisable en collant une « rustine ». Nous vous conseillons cependant de toujours diriger le jet d'air du décapeur vers le centre de l'enveloppe et non pas vers sa paroi, de faire les tests dehors ou alors de prévoir un extincteur, on n'est jamais trop prudent !

