

Fabriquer et lâcher un parachute

Angela Turricchia, Leopoldo Benacchio et Grazia Zini
Traduction par Marie-Ange Patrizio

Considérations initiales

Si Léonard de Vinci est universellement reconnu comme un peintre exceptionnel, il joua aussi un rôle important dans l'histoire de l'humanité en tant qu'architecte, anatomiste, inventeur et constructeur de machines. Dans le cadre d'un programme de sciences à l'école élémentaire, l'étude de l'un de ses « engins », le parachute en l'occurrence, peut permettre aux élèves d'aborder toutes les disciplines qui y sont liées, notamment la physique, laquelle intervient dans la fabrication sans que cela soit perceptible au premier abord.

Le fait que Léonard n'ait jamais réalisé de prototype à partir de ses études ajoute un attrait supplémentaire à l'expérience car les enfants sont conduits à s'interroger : « Mais pourquoi concevoir des machines qui ensuite ne sont pas construites ? Et pourquoi ne sont-elles pas construites ? » Revenir sur l'époque à laquelle Léonard vécut se révèle alors indispensable pour saisir le niveau de connaissances de ses contemporains et comprendre combien ses dessins et études étaient avant-gardistes. Il est cependant important de faire remarquer que, même de nos jours, toutes les machines imaginées ne sont pas nécessairement construites et mises sur le marché.

Pour en venir ensuite à la fabrication du parachute, nous vous conseillons de commencer par faire lire le texte de Léonard de Vinci à vos élèves : « Qui-conque dispose d'une tente de toile tissée bien serrée de douze brassées de large et douze de haut peut se jeter sans danger de n'importe quelle hauteur. » Immédiatement, les enfants peuvent relever la différence entre le langage de l'époque et celui d'aujourd'hui. « Une tente de toile tissée bien serrée » recèle une difficulté notable pour eux, qui ne connaissent plus le terme que dans son acception commune actuelle. S'ajoute le problème de l'unité de mesure utilisée par Léonard : « Combien représente une brassée ? Et si j'utilise mon bras j'obtiens un objet beaucoup plus petit que ce que j'aurais si j'utilisais celui de la maîtresse... » Nous y reviendrons à la fin de ce texte.

Pour que les élèves puissent véritablement fabriquer un parachute dans les règles de l'art, il faudrait qu'ils aient déjà abordé, en géométrie, les relations métriques, ce qui n'est possible qu'après l'étude de la trigonométrie ou au travers du théorème de Pythagore. Ces sujets étant enseignés au collège, il est donc nécessaire, en primaire, de les aborder de façon « expérimentale » au sens strict du terme : les enfants doivent expérimenter.

C'est pourquoi on leur proposera de choisir eux-mêmes les matériaux avec lesquels ils construiront le parachute de Léonard. Généralement, à l'idée de

réaliser un parachute, les enfants s'impliquent sans toujours tenir compte de ce qui en constitue deux éléments essentiels : les dimensions et la masse de l'objet que le parachute va transporter. Il est important que l'enseignant garde toujours ce problème en tête, en particulier lors des premiers essais, car les enfants ont tendance à construire des parachutes minuscules.

Les différentes séquences de travail permettront aux enfants d'être confrontés à différents niveaux de problèmes, chaque pas franchi les faisant progresser dans l'abstraction.

En classe

La lecture collective du texte de Léonard est un moment très important qui donnera les clés pour décider de la façon d'aborder le travail, choisir les matériaux et imaginer comment tester les différents parachutes qui seront fabriqués. Le mieux, afin d'impliquer tous les enfants, est de les faire travailler en groupes, ce qui permet en outre de s'assurer qu'en fin de compte, on disposera bien d'un parachute par groupe.

La phase du choix des matériaux et des dimensions est extrêmement significative parce qu'elle met en évidence les motivations des élèves. À cet égard, il peut être utile, pour garder une trace de la discussion, d'enregistrer leurs propos plutôt que de réaliser un tableau : les réécouter permet en effet de se remémorer les différentes étapes de la prise de décision.

L'organisation en groupes permet de tester diverses options : on peut construire le parachute en utilisant le même matériau tout en faisant varier les dimensions ou, au contraire, en testant des matériaux différents pour une taille identique : en ne modifiant qu'une variable à la fois, on pourra comparer les différents projets et en tirer des conclusions.

Dans une classe, on a ainsi d'abord choisi d'utiliser un mouchoir en papier, puis un mouchoir en coton, puis un morceau de cellophane transparent (de mêmes dimensions) dans le but suivant : « Essayons avec des petits parachutes, le tissu qui se révélera le meilleur sera utilisé pour construire un parachute plus grand. » Les enfants se préoccupent avant tout de la solidité du matériau : le parachute de papier ne tiendra pas le coup et se déchirera tandis que ceux réalisés avec le mouchoir de coton ou avec le cellophane seront plus résistants.

Dans une autre classe, qui comptait quatre groupes d'enfants, on a choisi de réaliser quatre parachutes : deux en soie et deux en tulle. Le choix du tulle était motivé par le fait que : « C'est un tissu très léger, donc il devrait être extrêmement approprié à cette activité et, aussi, si on fait un grand parachute, il devrait bien descendre ! » L'enseignant a pensé qu'il était sage de laisser les élèves conduire cette expérience même si, sitôt entamée la fabrication, ils ont eux-mêmes commencé à exprimer leur perplexité : « Mais, tu sais, tous ces petits trous ne vont pas aller ! Si Léonard utilisait un morceau de "toile tissée bien serrée", c'est-à-dire bien dense, il doit bien y avoir une raison ! »

La fabrication

Matériel nécessaire :

- le tissu choisi découpé aux dimensions requises (c'est-à-dire les « douze brassées » indiquées par Léonard) ;
- quatre baguettes de matériau très léger, de dimensions adéquates (le balsa peut convenir, mais, étant donné son coût, il peut être préférable, surtout dans les phases initiales, d'utiliser des baguettes ou des pailles en plastique) ;
- un fil de pêche très fin ;
- un objet qui fera office de « parachutiste ».

Une fois le matériel rassemblé, il suffit de fixer les baguettes au tissu pour qu'elles maintiennent le parachute ouvert (en forme de pyramide), puis de fixer le fil de pêche aux quatre angles pour que, en réunissant les extrémités du fil, on puisse suspendre le parachutiste. Celui-ci doit être fixé de telle sorte qu'il se trouve à égale distance de tous les angles du parachute sous peine d'assister à des oscillations successives et incontrôlées de l'engin.

La fabrication terminée, les enfants peuvent préparer la « phase de lancement ». L'une des difficultés consiste alors à déterminer la hauteur du lâcher. Il faut ensuite étudier les conditions d'atterrissage du parachutiste pour évaluer la fiabilité du parachute.

Procéder à un lancement expérimental avant le véritable saut

Il est conseillé d'essayer d'abord le « saut » en classe et de lancer le parachute d'une hauteur réduite, depuis une chaise ou une table : le parachutiste devra rester debout à l'arrivée. Cette première expérience permettra d'éliminer immédiatement les parachutes qui, même lancés d'une hauteur relativement basse, le feront atterrir avec quelque dommage.

Dans l'une des deux classes dans lesquelles a été mené ce projet, j'avais demandé aux enfants d'apporter des tissus et des papiers de différentes sortes ; pour chaque type de matériel, les enfants avaient construit des « mini-parachutes d'essai » de 10 cm de côté et nous les avons lancés des fenêtres du premier étage de l'école. Le « parachutiste » était une bobine en plastique. Sur vingt parachutes réalisés et lâchés, huit furent éliminés car le parachutiste s'était mal posé. Commentaire des élèves : « Heureusement que c'était pas un vrai parachutiste ! »

Après les premiers essais vient le moment de procéder au choix de la hauteur du « vrai » lancement. On peut lancer les parachutes des différents étages de l'école. De cette façon, la mesure de la hauteur du saut se trouve simplifiée : une corde bien tendue que l'on aura laissé pendre de la plus haute fenêtre pourra ensuite être mesurée de chaque étage.

Les enfants doivent être très attentifs à la chute. Pour cela, on conseille de leur faire remplir, pour chaque lâcher, une « fiche de vol ». Il est important que celle-ci soit définie avec les enfants mais, au minima, les éléments suivants

doivent y figurer :

- analyse de la descente du parachute (on peut éventuellement filmer les différentes descentes et les revoir en ne rédigeant la fiche de vol que dans un second temps) ;
- analyse des conditions d’atterrissage du parachutiste : rappelons que c’est là l’élément fondamental qui permettra de déterminer si le parachute est fiable ;
- analyse des conditions atmosphériques.

À l’issue des expériences, toutes les données peuvent être recueillies dans un tableau pour la discussion. Ce moment est d’une importance fondamentale parce qu’il permet aux enfants d’évaluer toutes les variables en jeu. On peut alors faire apparaître, toutes choses étant égales par ailleurs, la relation entre la hauteur de la chute, la durée de la chute et les effets produits sur le parachutiste. Nous proposons ci-contre une grille d’observation et de relevé des données :

La colonne « Observations sur le vol » doit reprendre certains éléments fondamentaux :

- le vol a-t-il été vertical ou oblique ?
- le parachute s’est-il gonflé ou non ?
- les cordes qui soutiennent le parachutiste ont-elles toujours été tendues ?

La colonne « Observations sur l’atterrissage du parachutiste » doit correspondre à une analyse détaillée. On doit relever sur l’objet qui a été lancé toute détérioration éventuelle. Peut-être faudra-t-il le remplacer à chaque vol.

L’utilisation du chronomètre pour mesurer la durée de la chute requiert un entraînement préalable pour que les enfants comprennent bien ce que signifie mesurer un intervalle de temps. Dans cette phase préparatoire, on peut aussi commencer à expliquer les erreurs qui auront une incidence sur la mesure. Lors d’une expérience de ce genre, des élèves ont en effet mesuré une durée de chute de 8 s d’une fenêtre du rez-de-chaussée et de 6 s du premier étage sans qu’aucun d’entre eux ne soulève d’objection. C’est seulement à la suite d’une sollicitation de l’enseignante qu’ils ont relevé l’incongruité : « On l’a mesuré, donc ça doit être ça », ont-ils répondu, mais ils ont néanmoins préféré refaire l’expérience. Les nouvelles valeurs donnèrent 2 s environ pour le rez-de-chaussée et 5,5 s pour le premier étage. L’un des groupes a alors commencé à réfléchir sur le chronomètre et sur la façon dont les mesures avaient été menées : « On ne l’a pas mis à zéro ! Qu’est-ce que ça veut dire mettre à zéro ? Pourquoi faut-il le mettre à zéro, aucun autre instrument n’est remis à zéro entre une mesure et une autre ! » Ces remarques ont convaincu l’enseignante de l’importance d’introduire une leçon sur les instruments de mesure et leur utilisation.

Exemple de tableau d’expérience

| Hauteur de la chute (en cm) | Durée de la chute (en s) | Observations sur le vol | Observations sur l’atterrissage du parachutiste |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---|

Suggestions pour d'autres activités

Les unités de mesure

Cette activité peut être particulièrement intéressante pour inviter les enfants à comprendre la nécessité d'utiliser une unité de mesure commune à tout le monde.

On peut, par exemple, commencer par réexaminer les dimensions fournies par Léonard pour son parachute et demander aux enfants de définir ce que l'on entend par « brassée » ou coudée, etc. ; ils peuvent ensuite mesurer le tissu dont ils disposent en se servant de cette unité. On peut alors leur demander de comparer les différentes pièces de tissu mesurées afin qu'ils comprennent que la condition importante pour la définition d'une unité de mesure est qu'elle soit reproductible à l'identique par tous. On pourra en profiter pour rappeler qu'avant l'instauration du système métrique, les différentes unités de mesure étaient fréquemment tracées sur les places de marché. On en trouve encore trace dans les cités médiévales, comme à Bologne, sur les murs du Palais communal.

Les instruments de mesure et leur utilisation

Cette activité a été imaginée dans une classe à la suite des questions des enfants sur « les autres instruments [qui] ne se mettent pas à zéro ». Les remarques à ce sujet faites par des élèves de différentes classes nous laissent penser qu'elle est importante du point de vue de leur appréhension de la physique.

L'enseignant peut demander aux enfants de rapporter de chez eux ce qu'ils pensent être des instruments de mesure : balances, règles, verres gradués... À nouveau, mieux vaut organiser la classe en groupes de travail, de préférence avec le même type d'instruments pour que la discussion qui s'ensuive implique tout le monde de la même manière. Selon vous, que signifie « mettre à zéro » un instrument ? Très vite, les enfants comprennent que la mise à zéro est l'une des conditions indispensables pour effectuer des mesures et, quel que soit l'instrument, on procède toujours de la même façon, même si ce n'est pas toujours aussi évident que pour un chronomètre.

À l'école de parachutisme

Il est possible enfin d'organiser une visite dans une école de parachutisme. Les explications des « experts » ne rendront que plus évidentes les difficultés rencontrées par les enfants dans la fabrication du parachute. Ainsi, l'une des nombreuses questions que se posent les élèves concerne la forme du parachute dessiné par Léonard : « La forme du parachute de Léonard est étrange par rapport à celle des parachutes qu'on voit aujourd'hui ; peut-être que la forme actuelle donne de meilleurs résultats. » L'examen d'un parachute actuel, du matériel qui le compose et de sa forme soulignera les immenses progrès accomplis, tant dans la connaissance des divers matériaux que dans la physique mise en jeu dans sa fabrication et son utilisation.