

La roue : comment déplacer une charge lourde ?

CE2 et cycle 3

Une séquence du projet *En marchant, en roulant,
en naviguant... je suis « écomobile » !*

Résumé

Après avoir imaginé plusieurs solutions pour déplacer une charge lourde, les élèves apprennent à mesurer la force nécessaire au déplacement de cette charge. Par la suite, ils sont amenés à se rendre compte que certains facteurs comme les frottements, le poids ou encore la pente peuvent rendre plus difficile le déplacement d'un objet. Ils découvrent alors en quoi l'invention de la roue a facilité les déplacements.

Séquence 2 : La roue

Niveaux conseillés

CE2, CM1, CM2, 6^e

Présentation de la séquence

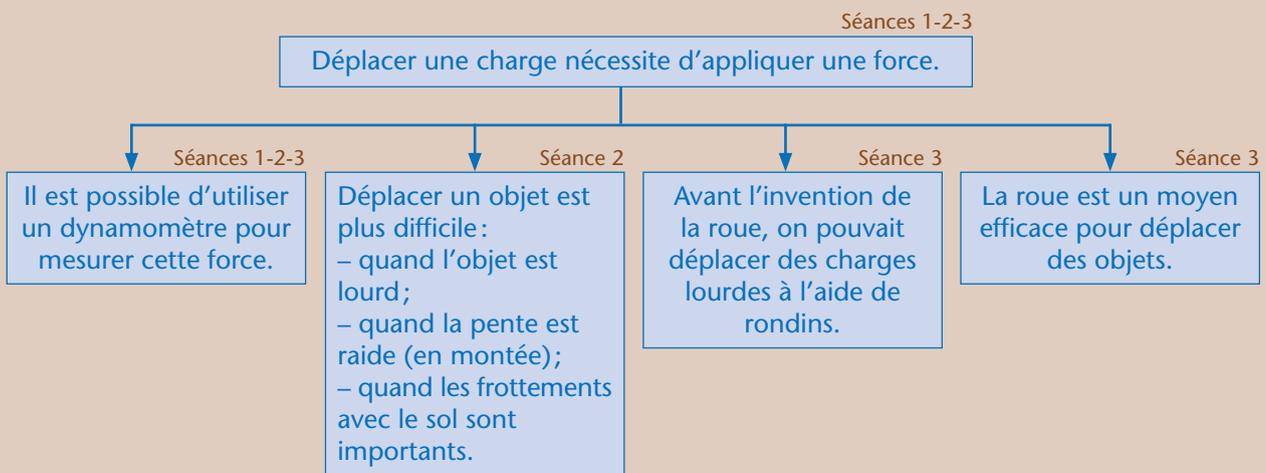
Cette séquence est constituée de trois séances.

Après avoir imaginé plusieurs solutions pour déplacer une charge lourde, les élèves apprennent à mesurer la force nécessaire au déplacement de cette charge.

Par la suite, ils sont amenés à se rendre compte que certains facteurs comme les frottements, le poids, la pente... peuvent rendre plus difficile le déplacement d'un objet.

Ils découvrent alors en quoi l'invention de la roue a facilité ces déplacements.

Le scénario conceptuel ci-dessous permet de suivre la progression notionnelle, exprimée en langage élève.



Résumé des séances

Titre	Modalités d'investigation	Résumé
1 : Défi : comment déplacer une lourde charge ?	Expérimentation	Les élèves imaginent et essaient différentes solutions permettant de déplacer une charge lourde. La classe discute d'une méthode permettant de mesurer l'intensité de la force qu'ils fournissent.
2 : Quelle est l'influence du poids, de la pente et de la nature du sol ?	Expérimentation	Les élèves cherchent des facteurs qui rendent plus difficiles les déplacements d'une charge. Ils imaginent comment les modéliser puis mesurent la force nécessaire dans chaque cas.
3 : L'invention de la roue	Expérimentation	Après avoir compris que certains facteurs pouvaient rendre un déplacement plus difficile, la classe constate que l'utilisation de rondins ou de roues permet de limiter les frottements et donc de rendre le déplacement plus efficace.

Séance 1 – Défi : comment déplacer une lourde charge ?

Niveaux conseillés	CE2, CM1, CM2, 6 ^e
Résumé	Les élèves imaginent et essaient différentes solutions permettant de déplacer une charge lourde. La classe discute d'une méthode permettant de mesurer l'intensité de la force qu'ils fournissent.
Notions	<ul style="list-style-type: none">• Déplacer une charge nécessite d'appliquer une force.• Il est possible d'utiliser un dynamomètre pour mesurer cette force.
Modalité d'investigation	Expérimentation
Matériel	Pour chaque groupe : <ul style="list-style-type: none">• élastiques de différentes tailles• 1 dynamomètre, idéalement de 10 N (mais il peut être utile d'avoir quelques dynamomètres de 5 ou 50 N)
Lexique	charge, poids, masse, force
Durée	1 h

Avant-propos

Il faut éviter d'annoncer à la classe que l'on va travailler sur la roue (titre de la séquence)... car sinon, la réponse à la question « comment déplacer une charge lourde ? » (cf. ci-dessous) est évidente, et l'on court-circuite toute la séance.

Question initiale (collectivement)

L'enseignant lance le défi à la classe : *Comment pourrait-on faire pour déplacer une charge lourde, comme le bureau de l'enseignant par exemple ?*

L'enseignant recueille l'ensemble des idées énoncées et le vocabulaire employé.

Plusieurs solutions sont proposées : se mettre à plusieurs, utiliser une corde pour tirer pendant que d'autres poussent, mettre le bureau sur des roulettes, des rondins, un tapis que l'on pourrait tirer...

Sans chercher à tester ces méthodes (pour le moment), l'enseignant demande ensuite quelles méthodes étaient utilisées par le passé (préhistoire, Antiquité...).

Si les mots suivants ont été évoqués lors de la discussion, l'enseignant veille à ce que chacun en comprenne bien le sens (définition collective au besoin) : charge, poids, masse, force...

L'enseignant demande ensuite aux élèves comment on peut faire pour tester l'efficacité des différentes méthodes. Par efficacité, on entend une méthode qui permet de déplacer un objet avec un effort minimal. Les élèves pensent en général qu'il leur suffit d'essayer et de ressentir l'effort fourni. On peut alors leur demander d'imaginer une méthode plus précise, qui utiliserait un instrument de mesure. On montre aux élèves un gros élastique en leur demandant : « *Comment puis-je me servir de ceci pour mesurer la force que je dois exercer ?* ».

Sans difficulté, les élèves imaginent que, lorsque l'on tire sur l'élastique, celui-ci va davantage s'étirer si l'effort est plus important.

Expérimentation (par groupes)

Les élèves, répartis par groupes, utilisent des élastiques pour mesurer l'effort nécessaire au déplacement de plusieurs objets, plus ou moins lourds (un dictionnaire, une trousse, une caisse de livres...)

Ils mesurent, avec leurs règles, l'allongement des élastiques dans les différents cas, et constatent que cet allongement est plus important quand l'objet est plus lourd (c.-à-d. plus difficile à déplacer). Afin

de ne faire varier qu'un paramètre (le poids), il est préférable de prendre le même objet, plus ou moins chargé : par exemple, une trousse vide, et la même trousse pleine.



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Mise en commun (collectivement)

Après s'être assuré que les élèves aient bien compris le rôle de l'élastique, l'enseignant montre un dynamomètre à la classe, et explique son fonctionnement : c'est un dispositif similaire à l'élastique (un ressort s'allonge quand on tire dessus), mais il est gradué, ce qui rend la mesure plus facile à faire.

Notes scientifiques

- Attention, il existe souvent 2 graduations, une en newtons (l'unité de mesure de la force), l'autre en grammes (c'est un raccourci lié au fait que la masse d'un objet est proportionnelle à son poids). L'unité qui nous intéresse est le newton.
- Il est parfois nécessaire d'étalonner les dynamomètres (tourner une mollette pour régler la tension du ressort afin que le « zéro » soit bien placé).

L'enseignant distribue ensuite un dynamomètre à chaque groupe, et laisse les élèves le manipuler librement en prévision de la séance suivante, qui nécessitera de savoir les utiliser.

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *Le déplacement d'une charge nécessite d'appliquer une force que l'on peut mesurer à l'aide d'un dynamomètre ou d'un élastique.*

Notes pédagogiques

Dans toute cette séquence, et plus généralement dans tout le projet, nous parlerons indifféremment de masse et de poids, car travailler sur la différence entre ces deux notions n'est pas l'objectif du projet. Au quotidien, même les scientifiques utilisent cet abus de langage et parlent de « poids » quand ils désignent une masse. Cependant, si l'on souhaite absolument être précis, il s'agira en général de masse, et pas de poids. Dans cette séquence, on emploie à plusieurs reprises le mot « force ». Il s'agit d'un concept abstrait, loin des programmes de l'école primaire ou de la 6^e, et dont nous ne visons pas ici une définition précise. Cependant, il s'agit également d'un concept dont les enfants ont une compréhension intuitive qui, si elle est limitée, est largement suffisante pour ce projet. Il s'agit simplement de comprendre qu'un déplacement nécessite de fournir un effort et qu'il existe un moyen simple pour mesurer l'intensité de l'effort à fournir : l'allongement d'un ressort par exemple (principe du dynamomètre). C'est ce qui justifie le choix de parler de force plutôt que d'énergie, car on ne peut pas mesurer directement l'énergie dépensée lors du déplacement d'une charge.

Séance 2 – Quelle est l'influence du poids, de la pente et de la nature du sol ?

Niveaux conseillés	CE2, CM1, CM2, 6 ^e
Résumé	Les élèves cherchent des facteurs qui rendent plus difficile le déplacement d'une charge. Ils imaginent comment les tester puis mesurent la force nécessaire dans chaque cas.
Notions	<ul style="list-style-type: none">• Déplacer une charge nécessite d'appliquer une force.• On peut utiliser un dynamomètre pour mesurer cette force.• Déplacer un objet est plus difficile :<ul style="list-style-type: none">– Quand les frottements avec le sol sont importants– Quand l'objet est lourd– Quand la pente est raide (en montée)
Modalité d'investigation	Expérimentation
Matériel	Pour chaque groupe : <ul style="list-style-type: none">• 1 dynamomètre (voir séance précédente). Si l'on n'a pas de dynamomètre, utiliser des élastiques.• Une caisse permettant de mettre une charge (boîte en carton par exemple) et d'accrocher le dynamomètre.• Suivant le paramètre testé : différents sols (tapis, parquet/carrelage, béton, herbe...), différents objets (livres...), ou une grande planche permettant de faire varier la pente.• Une photocopie de la fiche 4 (Expérience sur le déplacement d'un objet)
Lexique	Frottement, rugosité, pente
Durée	1 h

Question initiale

Au début de la séance, l'enseignant demande aux élèves de rappeler brièvement l'intérêt du dynamomètre et de refaire une démonstration. Il faut aussi penser à vérifier la mise à zéro de l'outil.

L'enseignant demande ensuite : *Qu'est-ce qui peut rendre un déplacement difficile ?*

Les élèves pensent au poids (*plus c'est lourd, plus c'est difficile à déplacer*), à la pente (*plus elle est raide, plus c'est difficile*), à la nature du sol (*une surface lisse glisse mieux*)...

Collectivement, la classe définit un protocole permettant de tester ces différents paramètres : chaque groupe va tester un paramètre à l'aide des dynamomètres (voir ci-dessous).

Note pédagogique

Cette séance est intéressante pour travailler un aspect essentiel de la méthode expérimentale : ne faire changer qu'un paramètre à la fois (l'enseignant peut demander : « Si, dans une même expérience, on a fait varier à la fois le poids et la pente, comment conclure ? »). C'est particulièrement frappant quand on teste plusieurs charges différentes : il faut prendre garde à ne pas faire varier la surface de contact ni la rugosité de l'objet... d'où l'intérêt d'utiliser une boîte dans laquelle on place ces objets : la surface et le matériau de la boîte restent constants.

Pour gagner du temps, il peut être intéressant de distribuer une fiche documentaire destinée à recueillir les résultats des mesures des différents groupes (fiche 4).

Expérimentation (par groupes)

La classe est répartie en plusieurs groupes, chaque groupe testant un seul paramètre (sol, pente, poids... et d'autres paramètres éventuellement proposés par les élèves). Les mesures sont relevées sur la fiche 4.

Groupe « sol »

Différents sols sont utilisés : parquet/carrelage/béton/herbe/tapis, etc.



Classe de CM1/CM2 de Sylvie Rebet (Megève)

Il est possible que le dynamomètre de 10 newtons ne suffise pas dans certaines situations : attention au poids de l'objet ! On pourra utiliser au besoin des dynamomètres de 5 N ou 50 N.

Nature du sol	Force mesurée en Newton (N)
Parquet	8 N
Béton	8,5 N
Carrelage	6 N
Asphalte	10 N
Tapis	10 N
Litamine	10 N
Marbre	5 N

Classe CP-CE1-CE2-CM1-CM2 de Marion Olivier et Marie Mellet (Paris)

Groupe « pente »

Pour faire varier la pente, on peut par exemple utiliser une grande planche que l'on incline plus ou moins. On peut alors mesurer, dans les différentes situations, la force nécessaire pour tirer la boîte.



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

La pente du sol varie	
Situation	Force exercée (en Newton ou en cm)
table lisse en pente montée	2 Newton et 400 gm
table lisse à plat	2,5 Newton
table lisse faible pente forte	4,5 Newton
pente forte	7 N
pente extrême	10 N
descente à plat	2 N
descente faible forte descente	2,25 N
	0,5 N

Groupe « charge »

Enfin, pour faire varier le poids, on peut utiliser une boîte que l'on leste plus ou moins (cela permet de garder les autres paramètres identiques, comme la forme, la surface ou la rugosité). Ce groupe risque d'avoir fini avant les deux autres; il peut dans ce cas tester un autre paramètre.



Situation	Force exercée (N)
Caisse sans livre	0,25
Avec 3 livres	2,5
Avec 6 livres	8
Avec 8 livres	10

Classe de CM1/CM2
de Sylvie Rebet (Megève)

Mise en commun

Un élève de chaque groupe présente au tableau les mesures réalisées. Les élèves récapitulent les mesures sur la fiche 4.

Les élèves discutent de l'influence des différents facteurs.

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple: *Certains paramètres rendent le déplacement d'un objet plus difficile: les frottements avec le sol, le poids de l'objet, la pente (en montée).*

Cette conclusion peut être enrichie d'une discussion, non pas sur les résultats eux-mêmes, mais sur la façon dont on les a obtenus: par l'expérimentation. Une expérience scientifique doit répondre à plusieurs critères: en premier lieu la reproductibilité (si plusieurs groupes font la même expérience, ils sont censés obtenir des résultats similaires), en second lieu la séparation des paramètres (pour pouvoir conclure, il ne faut avoir fait varier qu'un seul paramètre à la fois).

Ainsi, cette séance peut être une bonne introduction à une réflexion sur la nature de la science.

Prolongement possible

On peut exploiter les résultats de cette séance pour travailler, en mathématiques, sur la représentation des données (diagrammes).

Note scientifique

Le frottement peut être, selon les cas, considéré comme « résistant » ou « moteur ». En effet, lorsque l'objet est propulsé par un dispositif externe à lui-même (exemple: un objet que l'on pousse), les frottements agissent comme un frein. Diminuer ces frottements est donc indispensable pour faciliter le déplacement.

Au contraire, lorsque l'objet se propulse « par lui-même » (exemple: une voiture ou un piéton), les frottements (ici entre la roue et le sol, ou entre le pied et le sol) permettent de transmettre l'effort entre le dispositif moteur (la roue, le pied) et le sol. Les frottements sont alors indispensables au déplacement. Quand ceux-ci sont absents ou très faibles (exemple: sur du verglas), les roues patinent, les pieds glissent: l'objet n'avance pas.

FICHE 4
Expérience sur le déplacement d'un objet

Expérience 1 : Déplacer un même objet sur des sols différents

Nature du sol	Force mesurée (Newton, ou cm si élastique utilisé)

Expérience 2 : Déplacer des charges différentes

Nature de l'objet déplacé (ou poids de l'objet)	Force mesurée (Newton, ou cm si élastique utilisé)

Expérience 3 : Déplacer une même charge sur des pentes différentes

Nature de la pente	Force mesurée (Newton, ou cm si élastique utilisé)
À plat	
En montée, pente faible	
En montée, pente forte	
En descente, pente faible	
En descente, pente forte	

Séance 3 – L'invention de la roue

Niveaux conseillés	CE2, CM1, CM2, 6 ^e
Résumé	Après avoir compris que certains facteurs pouvaient rendre un déplacement plus difficile, la classe constate que l'utilisation de rondins ou de roues permet de limiter les frottements et donc de rendre le déplacement plus efficace.
Notions	<ul style="list-style-type: none">• Déplacer une charge nécessite d'appliquer une force.• Il est possible d'utiliser un dynamomètre pour mesurer cette force.• Avant l'invention de la roue, on pouvait déplacer des charges lourdes à l'aide de rondins.• La roue est un moyen efficace pour déplacer des objets.
Modalité d'investigation	Expérimentation
Matériel	Pour chaque groupe: <ul style="list-style-type: none">• 1 dynamomètre (voir séance précédente). Si l'on n'a pas de dynamomètre, utiliser des élastiques.• Un objet lourd (par exemple la caisse de la séance précédente, lestée)• une photocopie de la fiche 5 (L'invention de la roue)• Plusieurs rondins de même diamètre (manches à balais, pieds de chaise cylindriques, craies, bâtons de colle...)• Un support roulant: un chariot, un skate-board, un diable...
Lexique	Rouler, glisser, levier, support
Durée	1 h

Question initiale

Après avoir fait rappeler les conclusions de la séance précédente, l'enseignant repose le problème: *comment faisaient les hommes préhistoriques pour déplacer des charges très lourdes (un menhir par exemple)?*

Certains élèves pensent qu'ils les mettaient sur des roues, mais, pour la plupart, l'invention de la roue est postérieure; ils évoquent donc des rondins.

Collectivement, on imagine une expérience permettant de vérifier qu'il est plus facile de déplacer une charge à l'aide de rondins ou de roues.

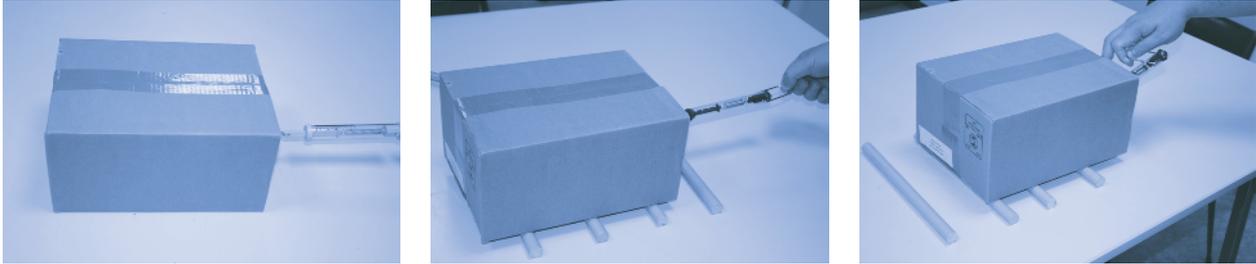
Notes scientifiques

- Attention: ici, il faut un peu de méthode pour ne pas faire varier plusieurs paramètres à la fois. Le protocole souvent imaginé par les élèves consiste à prendre un objet, mesurer la force pour le déplacer, puis le même objet, mais posé sur un skate-board, ou posé sur des rondins. Ici, on fait varier un 2^e paramètre: la masse déplacée (objet dans un cas, objet + skate-board dans l'autre cas).
- Une solution peut être de placer le skate-board dans les 2 expériences: dans un cas, l'objet est placé sur le skate-board; dans l'autre cas, l'objet est placé sous le skate-board. Ainsi, la charge déplacée est la même.
- Dans ce cas, on garde un problème avec les rondins: on ne peut pas les placer sous le skate-board. Il est préférable donc, de réaliser 2 expériences séparées:
 - Objet seul / objet seul sur les rondins (ici, on teste l'effet des rondins). Cette expérience peut être réalisée en premier, car la question du poids ne se pose pas: elle est donc plus simple à concevoir.
 - Objet sous le skate-board / objet sur le skate-board (ici, la charge est la même, on teste l'effet des roulettes).

Expérimentation (par groupes)

En fonction des dynamomètres (suivant qu'ils sont tarés pour 5, 10 ou 50 N), on a intérêt à prendre des charges plus ou moins lourdes.

Expérience « rondins »



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Les élèves présentent leurs résultats et les notent dans le tableau récapitulatif de la séance précédente.

Situation	Force exercée (N)
Sans aide	20
Avec les rondins	4,5

Expérience « roue »



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

Situation	Force exercée (N)
Sans aide (avec le skate retourné, et sur la charge)	20
Avec des roues (avec le skate posé à l'endroit, et sous la charge)	4

Mise en commun

La mise en commun permet de mettre en évidence l'avantage à la fois des rondins et des roues : cela réduit beaucoup la force nécessaire au déplacement.

La discussion peut alors porter sur la comparaison roues / rondins. L'inconvénient des rondins, c'est qu'il faut régulièrement les replacer à l'avant de l'objet quand celui-ci avance. Cette manipulation n'est pas nécessaire avec la roue.

Étude documentaire (individuellement)

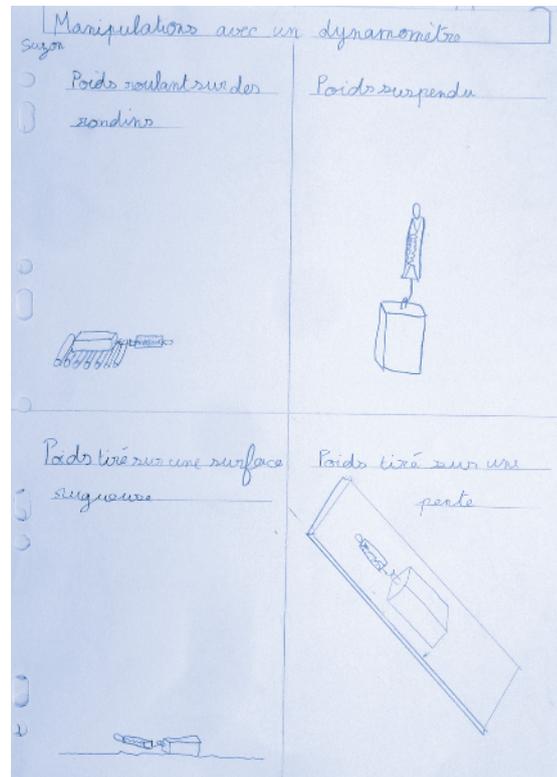
L'enseignant distribue une photocopie de la fiche 5 (L'invention de la roue), qui est lue par les élèves et résumée collectivement.

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple: *On peut utiliser des rondins pour faciliter le déplacement d'une charge mais la roue est un moyen plus efficace pour déplacer une charge lourde.*

Prolongements possibles

Cette courte séquence sur la roue peut être prolongée par une séance portant sur l'intérêt de l'ajout du pneumatique à la roue. Ce pneumatique augmente l'adhérence au sol, que l'on peut tester par exemple à l'aide de deux canettes dont une entourée de plusieurs gros élastiques (les élastiques, en caoutchouc, modélisent le pneu). Une personne fait tourner une canette sur son axe, rapidement, avant de la lâcher sur la table: celle qui est entourée d'élastiques adhère rapidement à la table et avance, tandis que l'autre, qui n'a pas d'élastique, « patine ».



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg-la-Reine)

L'autre intérêt du pneumatique est d'amortir les chocs, chose que l'on peut tester en faisant rouler une roue de vélo, avec ou sans pneumatique, sur un sol accidenté.

FICHE 5 L'invention de la roue



Ce pictogramme sumérien représente les premières traces de l'invention de la roue. Il a été trouvé dans le sud de l'Irak, dans la ville d'Uruk (aujourd'hui, Warka), et date d'au moins 5 000 ans.



Le Moyen-Orient, 3 000 ans av. J.-C.

Dès cette époque, on utilise la roue, soit pour transporter des charges lourdes (elle est placée verticalement, utilise la force humaine ou animale et permet de limiter les frottements avec le sol), soit pour fabriquer de la poterie (elle est alors placée horizontalement).

À l'époque sumérienne, les roues sont faites en pierre. Trop lourdes et difficiles à produire, elles seront plus tard fabriquées en bois. L'usure est un vrai problème, qui sera résolu de plusieurs façons : en ajoutant un cerclage en métal, plus solide, ou en plantant des gros clous métalliques sur le bois. Certaines roues bénéficient des 2 améliorations : elles sont cerclées et cloutées.

La roue évolue toujours, grâce à l'usage de l'acier, de l'aluminium, puis des alliages composites. Mais elle garde toujours sa forme d'origine : c'est un objet circulaire qui tourne autour d'un axe situé en son centre.

Aujourd'hui, la roue est entourée d'un pneumatique, qui permet d'amortir les chocs et d'augmenter l'adhérence.

Cette ressource est issue du projet thématique *En marchant, en roulant, en naviguant... je suis « écomobile » !*, paru aux Éditions Le Pommier.



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

Fondation La main à la pâte

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

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE