Sommaire

Qu'est-ce que la dynamique ? Page 34

Rapport entre la force et la dynamique Page 35

Quelle trajectoire sera la plus rapide ? Page 38

Looping Page 40

Qu'est-ce que l'énergie ? Page 41

Pourquoi la bille s'arrête-t-elle ? Page 43

Les billes se heurtent Page 44

Les grands parcours Page 46

Qu'est-ce que la dynamique ?

■ La dynamique est un phénomène que nous rencontrons partout dans notre vie quotidienne sans que nous nous en rendions vraiment compte, parce qu'elle nous semble si familière ! On parle de dynamique chaque fois que quelque chose bouge.

Nous la rencontrons dès le petit matin en nous levant. Nous nous déplaçons pour quitter le lit et nous rendre dans la salle de bain ou prendre notre petit déjeuner. Ensuite nous empruntons un moyen de transport ou nous marchons pour nous rendre à l'école ou au travail. Nous la rencontrons dans le cadre de pratiquement tous nos loisirs sportifs ou constatons qu'elle existe lorsque d'autres personnes se déplacent.

S'amuser avec la physique

Elle nous procure des sensations géniales et du plaisir en faisant de la bicyclette, du ski ou du skate-board, en jouant au foot ou sur des montagnes russes. C'est pour cette raison que la dynamique enrichit notre vie d'après la devise – s'amuser avec la physique !

Réfléchissez tout simplement aux innombrables manifestations de la dynamique dans notre vie quotidienne !

- En voiture
- En courant, en faisant du jogging, en sautant
- ...

Saviez-vous que la dynamique est un domaine de la mécanique traitant tous les phénomènes ayant rapport aux mouvements ? Ce manuel d'accompagnement vous présente et vous explique certains effets mécaniques par le biais de différents essais.

Rapport entre la force et la dynamique

Maquette d'essai 1

Pourquoi les choses bougent-elles ?

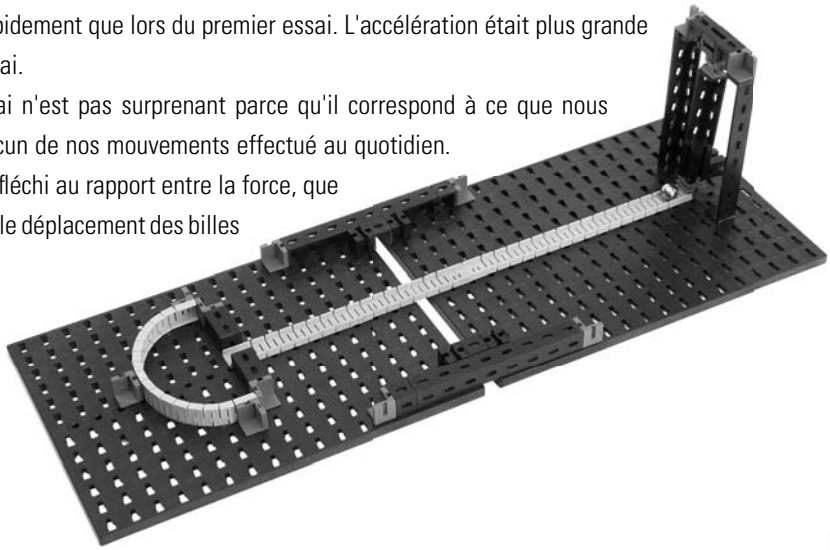
■ Il est important de se faire une idée de l'origine de la dynamique si on veut la comprendre. Les deux simples essais ci-après expliquent pourquoi quelque chose bouge. Nous savons déjà, conformément à l'introduction ci-dessus, que la dynamique a toujours rapport au mouvement.
Montez la maquette d'essai 1 (trajectoire plane) afin de pouvoir procéder aux essais.

Exercice :
Placez une bille dans le rail et donnez un petit coup à la bille (avec très peu de force). Que va-t-il se passer ? La petite poussée a-t-elle réussi à accélérer la bille et à quelle vitesse dans l'affirmative ?

Elle se déplace lentement – et il se pourrait même que la bille s'immobilise. L'accélération était faible.

Exercice :
Placez à nouveau une bille dans le rail et poussez la bille un peu plus rapidement que lors du premier essai (avec plus de force que la première fois). Que va-t-il se passer ? La poussée plus rapide a-t-elle réussi à accélérer la bille et à quelle vitesse dans l'affirmative ?

Elle se déplace plus rapidement que lors du premier essai. L'accélération était plus grande que lors du premier essai.
Le résultat de cet essai n'est pas surprenant parce qu'il correspond à ce que nous ressentons lors de chacun de nos mouvements effectué au quotidien.
Mais avez-vous déjà réfléchi au rapport entre la force, que vous avez appliquée, et le déplacement des billes de cet essai ?



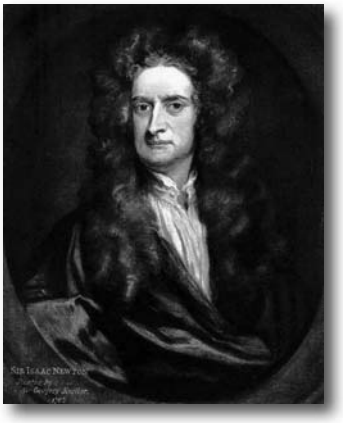
Explication mécanique

Le rapport est composé d'une masse (poids de la bille) et d'une accélération (la bille est immobile avant d'être accélérée) qui dépend de l'application d'une force (force musculaire). Ce rapport est reproductible comme formule et sert de « définition de la force ».

Force = masse × accélération

ou en reprenant les abréviations connues en mécanique

$F = m \times a$



Le physicien Isaac Newton (1643–1727)

■ Vous utiliserez une force plus importante pour le deuxième essai, tandis que la masse de la bille demeurera la même. C'est aussi pour cette raison que l'accélération du deuxième essai est plus grande que celle du premier.
L'unité de la force est le Newton [N]. Elle porte le nom du physicien Isaac Newton qui a formulé les lois fondamentales de la mécanique.

Plus ou moins de force ?

À vous de savoir maintenant, en vous servant des exemples ci-après de notre vie quotidienne, si vous devez appliquer plus ou moins de force qu'auparavant.

Exercice :
Vous partez seul à bicyclette. Vous rencontrez un ami qui voudrait vous accompagner. Il s'assoie sur le porte-bagage de votre bicyclette et vous continuez à deux. Devez-vous appliquer plus ou moins de force maintenant si vous voulez accélérer aussi rapidement qu'auparavant ?

Vous devez appliquer plus de force qu'auparavant parce que la masse est devenue plus grande maintenant..

Quelle balle volera plus loin ?

Exercice :

Vous accélérez deux globes d'un poids différent, par exemple une balle de tennis et un poids comme ceux utilisés pour le lancement du poids. Vous tentez de lancer les deux objets avec toute votre force ; quel objet accélérera plus rapidement et volera aussi plus loin de ce fait ?

Si vous appliquez le maximum de votre force, la balle de tennis accéléra plus vite parce qu'elle est plus légère que le poids. Et c'est aussi pour cette raison qu'elle volera plus loin que le poids.

L'exercice suivant est un peu plus compliqué, mais nous sommes convaincus que vous arriverez à la résoudre. Servez-vous de vos connaissances nouvellement acquises pour ce faire :

Qui est plus lourd ?

Exercice :

Une piste de course a une longueur de 100 mètres : les coureurs 1 et 2 sont de force identique ou possèdent une force identique. Le coureur 1 accélère plus vite. Quel sera le coureur le plus lourd théoriquement ? Petite astuce : appliquez la connaissance de l'exercice précédent (force = masse x accélération). Imaginez la formule pour chacun des deux coureurs.

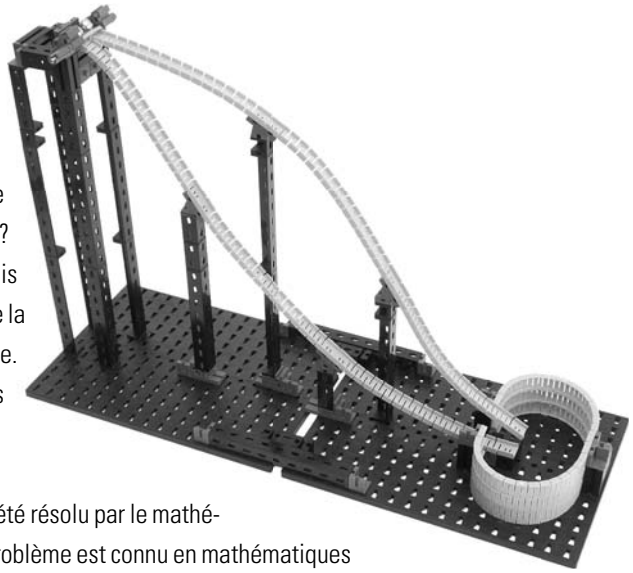
Le coureur 2 devrait être théoriquement plus lourd que le coureur 1. Son accélération est plus lente parce qu'il dispose de la même force que le coureur 1.

Quelle trajectoire sera la plus rapide ?

■ Nous savons maintenant que les forces jouent toujours un rôle en dynamique et le prochain essai veut mettre l'influence ou non de la trajectoire sur le mouvement en évidence.

Montez la maquette d'essai 2 (accélérations) avec ses deux trajectoires de forme différente. Une trajectoire est une courbe dirigée vers le haut et l'autre trajectoire est une courbe dirigée vers le bas. Démarrez l'essai dès que vous avez achevé le montage.

Exercice :
Placez une bille au point le plus haut de chaque courbe. Réfléchissez à la courbe qui sera la plus rapide avant de lâcher les billes ! Vous pouvez lâcher les billes maintenant. Vous pouvez aussi vous demander pourquoi les billes rouleront vers le bas somme toute. Petite astuce – la raison pour laquelle les billes arriveront en bas est identique à celle de tout objet qui tombe sur le sol.



Avez – vous misé sur la bonne courbe ?
Le bille est plus rapide sur la courbe dirigée vers le bas que sur celle dirigée vers le haut.
Pour quelle raison ? Se pourrait-il qu'une trajectoire soit plus longue que l'autre ?
Non – vous avez utilisé exactement trois rails pour chaque courbe. Se pourrait-il que la différence provienne de la forme de la courbe.
Jetons un petit coup d'œil au lexique des mathématiques :

Voyons le côté mathématique ...

■ La problème de la courbe plus rapide a été résolu par le mathématicien Johann Bernoulli en 1696 et ce problème est connu en mathématiques comme problème de la courbe brachistochrone.
Bernoulli a constaté, en tentant de trouver une solution à ce problème très compliqué, que la courbe dirigée vers le bas est la plus rapide de toutes les courbes et qu'il s'agit d'une cycloïde ou d'une roulette. Cette courbe est même plus rapide qu'une droite, bien que la droite soit la liaison la plus courte entre deux points. La cycloïde est appelée roulette parce que cette courbe naît du roulement d'un cylindre sur un plan.

Et pourquoi les billes arrivent-elles en bas au juste ?

■ Vous avez peut-être constaté, en vous demandant pourquoi la bille arrive en bas somme toute, que vous ne deviez appliquer aucune force pour que la bille commence à se déplacer. Notre premier essai vous a cependant démontré qu'aucun mouvement ne peut se produire sans l'action d'une force. Le déplacement de la bille ne pouvait donc pas se faire sans force.
La force qui attire la bille vers le bas est ce que nous appelons la pesanteur. Elle agit sur toutes les choses se trouvant sur terre.

Le pesanteur nous accompagne continuellement dans notre vis quotidienne. Elle veille à ce que tout tombe en direction du sol verticalement. Réfléchissez à quelques exemples quotidiens dans ce contexte.

La pesanteur au quotidien ...

- Bungee jumping
- Plongeon de haut vol, saut des falaises, parachutage
- La pomme qui tombe du pommier
- …

Saviez-vous que la pesanteur existe aussi sur la lune et qu'il s'agit alors du champ de pesanteur de la lune ? Avez-vous déjà vu des vidéo des astronautes sur la lune ? Les astronautes peuvent y sauter nettement plus haut et plus loin que sur terre. Le champ attractif de la lune est nettement inférieur à celui de la terre parce que la lune est beaucoup plus petite. Et c'est aussi pour cette raison qu'on peut sauter nettement plus loin sur la lune que sur terre.

... et sur la lune ?

Looping

■ Nous savons dorénavant que la pesanteur existe et pouvons passer au prochain essai. Vous avez probablement déjà visité un parc d'attraction ou une fête foraine avec de nombreux manèges et des montagnes russes. Et vous avez certainement remarqué les loopings impressionnants. Montez la maquette d'essai 3 (looping) pour mettre le prochain essai en pratique.

Exercice :

Notre essai peut démarrer dès que vous avez achevé le montage du looping. Tentez par expérimentation de découvrir à quelle hauteur la bille doit démarrer pour qu'elle traverse le looping complètement. Demandez-vous pourquoi la bille ne tombe pas du point le plus haut, bien que vous veniez d'apprendre que la pesanteur attire tout en direction du sol.

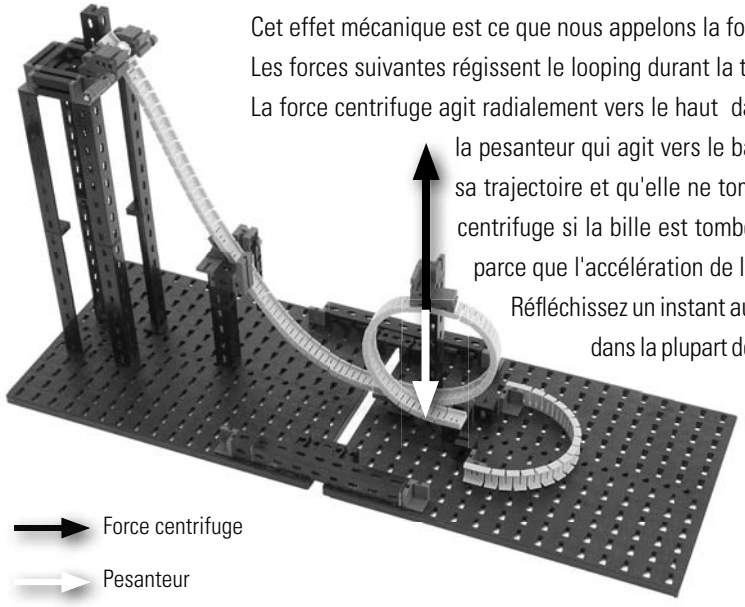
Que se passe-t-il dans un looping ?

Si vous étiez passager de montagnes russes dans votre vie, vous vous rappelez certainement d'avoir été pressé dans le siège durant les loopings. Ce phénomène se produit par exemple aussi lorsque deux personnes se tiennent réciproquement par les mains et tournent en rond. Elles ont toutes les deux l'impression d'être tirer vers l'extérieur.

Cet effet mécanique est ce que nous appelons la force centrifuge.

Les forces suivantes régissent le looping durant la traversée de la bille :

La force centrifuge agit radialement vers le haut dans l'arc du cercle et cette force est plus grande que la pesanteur qui agit vers le bas. C'est pour cette raison que la bille demeure dans sa trajectoire et qu'elle ne tombe pas. La pesanteur était plus grande que la force centrifuge si la bille est tombée malgré ceci. La force centrifuge était insuffisante parce que l'accélération de la bille était trop lente.



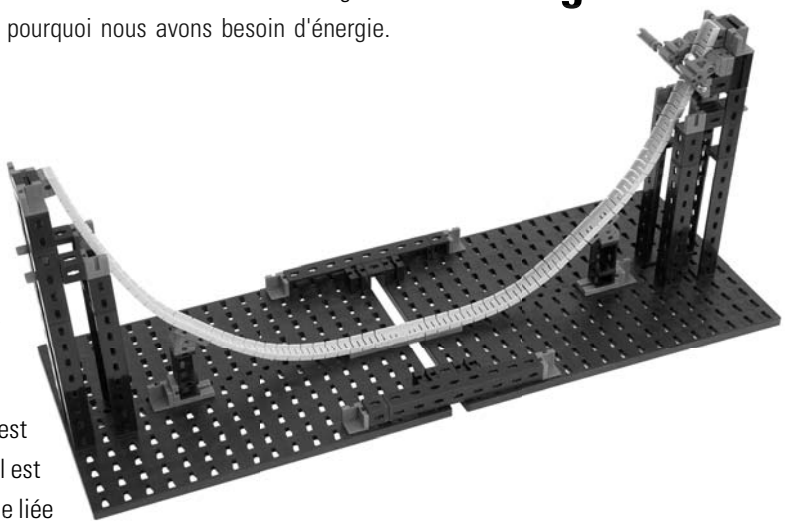
Réfléchissez un instant aux sports soumis aux forces centrifuges. Petite astuce : dans la plupart des cas, les sportifs les plus puissants, par exemple ceux participant aux Jeux olympiques, tentent de profiter des forces centrifuges en tournant en rond.

- Lancement du marteau
- Lancement du disque
- Lancement du poids

Qu'est-ce que l'énergie ?

■ Nous avons beaucoup appris sur les différentes forces et mouvements et il est temps de passer aux prochains essais. Les prochains essais sont destinés à nous apporter des connaissances sur l'énergie. Vous vous demandez certainement ce qu'il y a comme rapport entre les forces, les mouvements et l'énergie ? Les choses deviendront plus précises si vous vous demandez pourquoi nous avons besoin d'énergie. L'énergie est nécessaire pour :

- appliquer une force
- accélérer ou soulever un corps
- chauffer quelque chose
- faire circuler un courant électrique
- vivre – à l'exemple des êtres humains, des animaux et des plantes.



■ L'énergie existe dans des formes totalement différentes et il est aussi possible de les transformer en d'autres formes d'énergie. Il est important de connaître l'énergie liée aux mouvements et l'énergie liée à la position pour les essais suivants.

Différentes formes d'énergie

L'énergie liée aux mouvements est aussi appelée énergie cinétique. L'énergie cinétique existe chaque fois qu'un corps bouge. La bille qui roule de la boîte de construction Profi Dynamik peut servir d'exemple parce qu'elle bouge et développe une énergie cinétique de ce fait.
L'énergie liée à la position également appelée énergie potentielle augmente en fonction de la hauteur à laquelle le corps est placé. Une balle posée sur une table disposera par exemple d'une énergie potentielle plus élevée qu'une balle posée à même le sol.

■ Mais assez de théorie maintenant... il est temps de passer à l'action à l'aide d'une maquette. Montez la maquette d'essai 4 (half-pipe).

Exercice :
Lancez une bille dans le half-pipe et regardez ce qui se passe ! Réfléchissez aux différentes formes d'énergie que vous voyez et où l'action de ces énergies est la plus importante.

La mécanique dit que :

« Rien ne vient de rien »

Il est important de connaître le principe de la conservation de l'énergie totale pour comprendre ce qui se passe dans le half-pipe.
Le principe de la conservation de l'énergie totale exprime que le total de toutes les énergies disponibles demeure toujours égal. L'énergie ne peut ni provenir de rien, ni se perdre. Il est uniquement possible de transformer l'énergie.

Half-pipe

Deux formes d'énergie se produisent pour l'essai du half-pipe :

- Énergie cinétique
- Énergie potentielle

L'énergie que vous investissez dans cet essai est l'énergie dépensée par vos muscles pour soulever une bille. Ce fait applique une énergie potentielle plus élevée à la bille. Rappelons-nous d'après le principe de la conservation de l'énergie totale que l'énergie potentielle peut se transformer en énergie cinétique dès qu'on relâche la bille.
L'énergie potentielle de la bille atteint son maximum lorsque vous lâchez la bille dans le half-pipe et son minimum au fond.
L'énergie cinétique se comporte de manière directement opposée à celle de l'énergie potentielle. Elle est nulle peu avant de lâcher la bille parce que rien ne bouge. L'énergie cinétique atteint son maximum dans le bas parce que la bille y bouge le plus rapidement.

L'unité de l'énergie est le joule [J]. Elle doit sa dénomination au physicien britannique James Prescott Joule.

L'énergie au quotidien

James Prescott Joule (1818–1889)

■ L'énergie fait partie de notre vie quotidienne tout comme les forces. Avez-vous déjà remarqué les indications figurant sur pratiquement tous les aliments ? Elles figurent sur chaque paquet de cornflakes, sur les sucreries etc. et, somme toute, sur pratiquement toutes les denrées alimentaires
On les appelle aussi « valeurs énergétiques ». Il s'agit de l'énergie contenue dans ces aliments. Le corps « brûle » cette énergie et s'en sert pour courir, sauter ou penser.
Les emballages indiquent ces valeurs énergétiques habituellement en kilojoule [kJ], égal à 1000 joules [J]et en kilocalories [kcal] correspondante à 1000 calories [cal]. Vous avez certainement déjà entendu le mot kilocalories dans le contexte des denrées alimentaires – et il ne s'agit que d'une autre unité d'énergie que le joule.
Il est très facile de les convertir réciproquement en se servant de la formule suivante :

$$1\ kilojoule \approx 4{,}18\ kilocalories$$

ou en reprenant les unités mécaniques appropriées

$$1\ kJ \approx 4{,}18\ kcal$$

Pourquoi la bille s'arrête-t-elle ?

■ Il faut se demander pourquoi la bille s'immobilise finalement, bien que nous ayons appris, dans le cadre de l'essai précédent, qu'il est uniquement possible de transformer l'énergie selon le principe de la conservation de l'énergie totale et qu'elle ne se perd pas ? Comment se fait-il que la bille ne continue pas de rouler perpétuellement si l'énergie ne se perd pas ?

Exercice :
Répétez l'essai précédent de la maquette 4 (half-pipe) encore une fois. Demandez-vous, cette fois-ci, pourquoi la bille finit par s'immobiliser ! Petite astuce : passez avec votre doigt sur la trajectoire.

Vous sentez une résistance et remarquez également que la surface de la trajectoire n'est pas lisse. L'effet dont il est question ici est appelé friction. Il se pourrait que vous connaissiez le mot friction... mais que veut-il dire exactement et quelle est son origine ?
La friction est un effet se produisant entre deux corps (également appelé friction extérieure) lorsque leurs surfaces sont en contact. Nous devons imaginer les surfaces de la bille et des rails souples extrêmement grossies pour comprendre pourquoi la bille s'arrête.

Surfaces extrêmement grossies

La dynamique de la friction

■ Il est facile de comprendre que la bille ralentit progressivement en imaginant que les surfaces restent accrochées les une aux autres et que la bille doit continuellement lutter contre les déformations existantes au niveau des surfaces. Mécaniquement parlant, les énergies sont transformées en chaleur (en énergie) par friction. La friction a transformé toute l'énergie potentielle / énergie cinétique en chaleur lorsque la bille s'immobilise. La chaleur ainsi générée est une « énergie perdue » parce qu'on ne peut plus la récupérer.

Il est également possible de diviser la friction en friction statique, friction par glissement et friction par roulement.

- Friction statique : la friction est si grande que les deux surfaces adhèrent l'une à l'autre et qu'elles ne bougent plus.
- Friction par glissement : la friction est justement assez grande pour faire glisser deux surfaces l'une sur l'autre.
- Friction par roulement : ce type de friction naît du roulement d'un corps sur une surface.

La friction au quotidien

Vous pouvez très facilement vérifier que la friction génère de la chaleur en frottant par exemple vos mains l'une contre l'autre. Vous remarquerez très rapidement que vos mains « chauffent ».
Vous connaissez les trois différents types de friction maintenant et devriez être facilement en mesure d'attribuer les exemples aux types de friction respectifs :

	Friction statique	Friction par glissement	Friction par roulement
Faire de la bicyclette			×
Bande adhésive sur du papier			
Skier			
Patinage sur glace			
Fermeture Velcro			
Faire du patin en ligne			

Les billes se heurtent

■ Vous pouvez continuer d'utiliser la maquette d'essai 4 (half-pipe) pour les essais suivants.

Exercice :
Placez deux billes dans le bas du half-pipe et lâchez une troisième bille du bord du half-pipe. Que va-t-il se passer ?

La dernière bille sera repoussée. Le choc traverse pratiquement toutes les billes.

Exercice :
Vous pouvez ajouter encore plus de billes dans le bas. Que va-t-il se passer ?

Exactement la même chose que pour le premier essai. La dernière bille sera repoussée. Le choc traverse pratiquement toutes les billes.

Exercice :
Voyez maintenant ce qui se passe si vous avez placé trois billes dans le fond et relâchez deux billes simultanément du bord supérieur du half-pipe ?

Les deux dernières billes seront repoussées maintenant. Le choc traverse toutes les billes se trouvant dans le fond du half-pipe comme auparavant.

■ L'effet mécanique démontré dans ce cas est également appelé choc élastique. Un choc élastique est un contact entre deux corps qui ne durent que quelques millisecondes. Une bille transmet son mouvement à une autre bille sans que les billes ne se déforment dans ce contexte. Le choc traverse toutes les billes si celles-ci sont placées les une derrière les autres. Le nombre de billes se heurtant sera aussi repoussé. L'effet qui traverse les billes dans un tel cas est appelé impulsion. Chaque masse qui se déplace à une vitesse possède une impulsion à vrai dire. Vous êtes donc aussi soumis à une impulsion dès que vous bougez.

$$Impulsion = masse \times vitesse$$

$$p = m \times v$$

Impulsion demeure impulsion

L'impulsion ne devient que visible lors d'un choc qui a pour effet de transmettre l'impulsion ! Il existe aussi un principe de la conservation de l'impulsion comparable au principe de la conservation de l'énergie totale que « l'énergie demeure toujours égale ». Ce principe exprime que l'impulsion demeure toujours égale lors d'un choc.

$$Impulsion_{\text{avant le choc}} = Impulsion_{\text{après le choc}}$$

C'est exactement ce que l'essai nous a permis de constater, étant donné que la vitesse et la masse des billes entrant en collision étaient approximativement égales à la vitesse et la masse des billes repoussées.

L'impulsion au quotidien

■ Nous connaissons de nombreux exemples de chocs dans notre vie quotidienne. Le choc du marteau est facilement visible en travaillant. Le choc est également bien visible dans différentes disciplines sportives, tels que le billard, le squash, le curling ou le tir. Tous ces sports profitent de l'effet que l'impulsion avant le choc est égale à l'impulsion après le choc.
Le billard se sert précisément de cet effet pour placer les propres billes dans les poches par un choc appliqué à la bille blanche. Ces chocs sont élastiques comme lors de vos premiers essais, étant donné que les billes modifient leur mouvement du fait du choc et qu'elles ne se déforment pas.

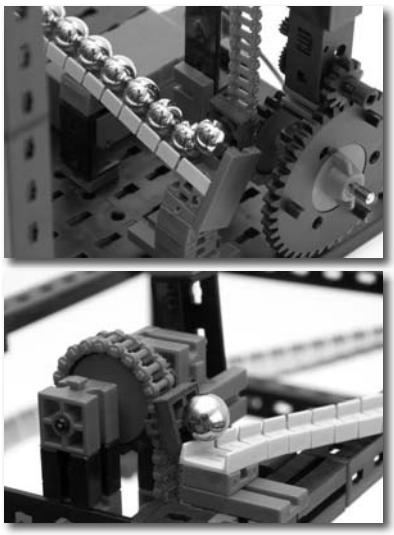
© by berwis / PIXELIO

Les grands parcours

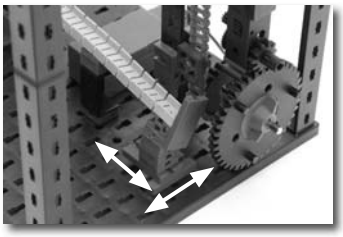
■ Servez-vous des effets mécaniques, que vous avez découverts au cours de vos essais mis en pratique jusqu'à présent, pour créer un parcours à billes captivant avec différentes chicanes et des réactions surprenantes.

Monte-charge

Tout les parcours contenus dans les instructions de montage comprennent un monte-charge. Ce monte-charge est composé d'une chaîne entraînée à laquelle des supports à billes magnétiques sont fixés.



Un support à billes qui passe devant une bille métallique dans le magasin de la maquette est attiré par l'aimant et transporté vers le haut. La bille est raclée dès qu'elle arrive en haut et redescend en suivant le trajet du parcours..

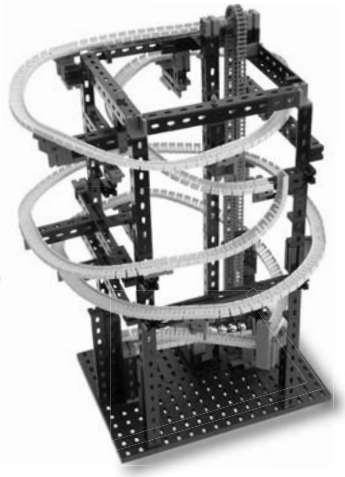


Astuce :
Vous pouvez ajuster la position du magasin à billes si les billes ne sont pas transportées de manière optimale par le monte-charge.

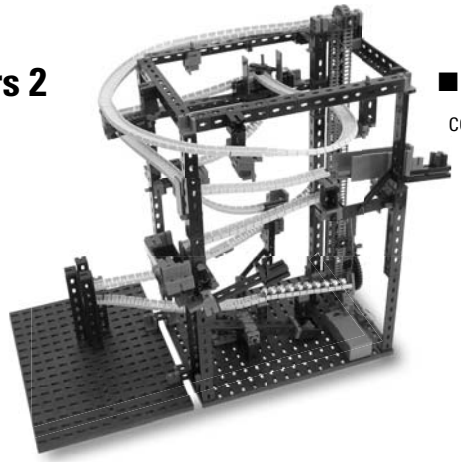
Parcours 1

■ Cette maquette est particulièrement bien appropriée pour acquérir une première expérience du fonctionnement des parcours à billes.

Les billes sont transportées vers le haut par le monte-charge et redescendent ensuite dans le magasin à billes en traversant le parcours.

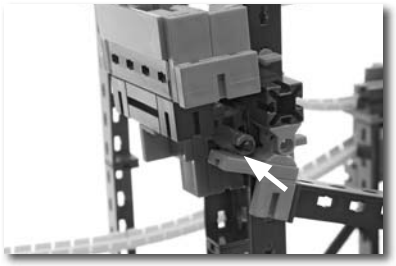


Parcours 2

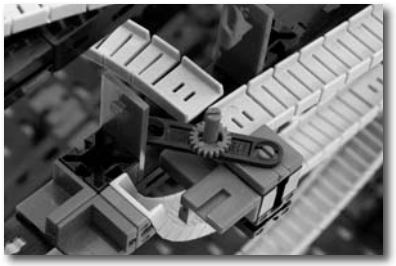


■ Cette maquette contient différentes réactions. Leur fonctionnement correct pose pour condition de prévoir quelques préparatifs avant de démarrer le parcours.

1. Suspendez le support à billes sur sa position supérieure selon la figure.

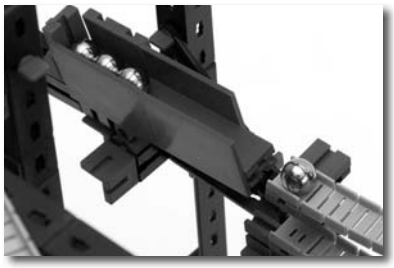


2. Placez l'aiguillage de la maquette sur la position de la figure.
3. Posez un élément de construction dans la catapulte montée.



Et voilà, vous pouvez charger les billes dans le magasin en face du monte-charge et démarrer le monte-charge maintenant.

Les billes passent d'abord sur l'aiguillage et atterrissent ensuite dans un collecteur à billes. Le collecteur bascule vers le bas dès qu'il contient six billes.



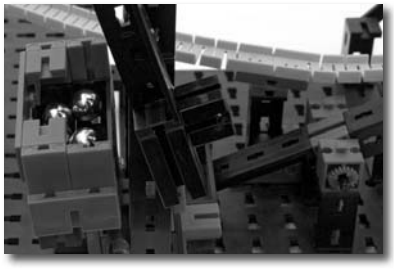
Astuce :
Vous pouvez corriger le basculement trop tôt ou trop tard du collecteur en décalant l'élément de construction placé derrière le collecteur et qui sert de contre-poids. Plus l'élément de construction est proche du collecteur, plus le basculement du collecteur sera précoce.

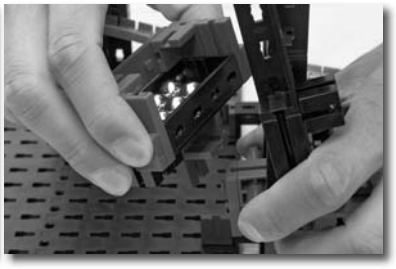
Les billes roulent ensuite dans le bac à billes, qui tombe et déclenche la catapulte.

Placez maintenant l'aiguillage sur une autre position afin que les billes ne puissent plus rouler dans le collecteur. Les billes descendent alors en suivant un autre trajet.

Astuce :
Vous pouvez ajuster le bloqueur si le bac à billes ne tombe pas correctement en déplaçant l'élément de construction placé sur le bloqueur et qui lui sert de contre-poids.

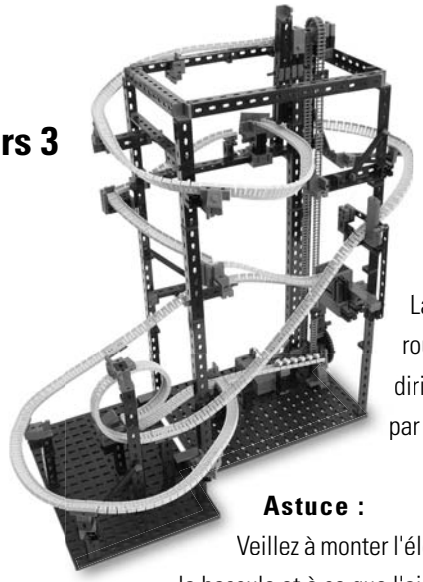
Vous pouvez retirer le bac à billes maintenant et refaire le plein de billes du magasin en face du monte-charge.





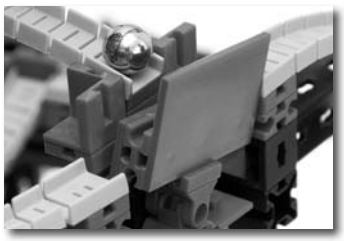
Ensuite, vous pouvez préparer le bac et la catapulte pour le prochain tour.

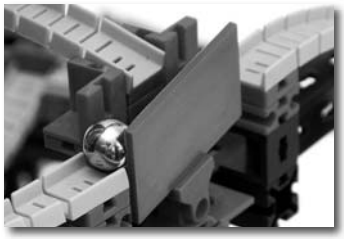
Parcours 3



■ Ce parcours est la plus grande maquette de cette boîte de construction et contient le plus grand nombre de chicanes et d'effets.

La bille heurte d'abord un pendule, puis roule dans un aiguillage automatique qui dirige les billes vers la droite et la gauche par alternance.

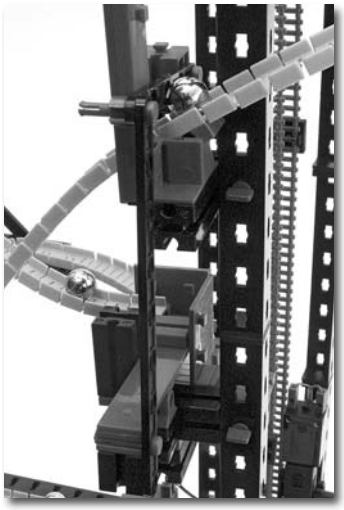


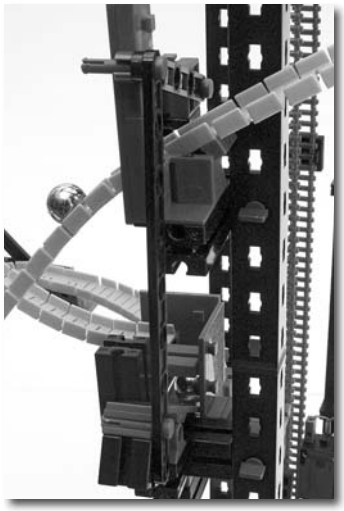


Astuce :

Veillez à monter l'élément articulé exactement au milieu de la bascule et à ce que l'aiguillage puisse se déplacer facilement. Il se pourrait que l'aiguillage ne fonctionne pas correctement au cas contraire.

Les billes sont immobilisées devant une barrière par la suite. L'aiguillage dirige la prochaine bille dans une autre direction et déclenche un mécanisme qui ouvre la barrière. La trajectoire pour traverser le looping est libre pour la première bille.





Astuce :

Veillez à ce que la bascule et la barrière puissent se déplacer librement.

Astuces complémentaires :

- Il va de soi que vous pouvez aussi développer vos propres parcours avec cette boîte de construction. Nous sommes convaincus que vous trouverez d'autres superbes maquettes à réaliser avec encore plus de chicanes et d'effets captivants.

- Nous vous recommandons de monter les rails souples trop courbés après le démontage de la maquette sur l'une des plaque de base. Ceci a pour effet de détendre l'inflexion après quelques temps.