

# **TURING TUMBLE™**

**Guide pédagogique**

Version 2.1 - Comprend les défis 1 à 30



# Bienvenue aux éducateurs et éducatrices !

Nous sommes ravis que vous utilisiez Turing Tumble dans votre classe ! Ce kit est facile à utiliser. Pas de batteries à charger, ni d'applications à installer ou à mettre à jour, ni de câbles qui s'emmêlent... Montrez simplement aux élèves comment utiliser le livret de défis, et votre classe sera fin prête. Vous pouvez l'utiliser dans le cadre d'ateliers de mathématiques, de travaux de groupes ou autonomes, d'activités libres, pour enseigner les concepts d'ingénierie, pour introduire les bases de l'informatique, ou encore dans un centre de documentation et d'information ou une médiathèque.



Ce guide pédagogique est un guide d'accompagnement pour Turing Tumble. Il est entièrement en noir et blanc afin que vous puissiez facilement l'imprimer ou le photocopier. Ce guide traite des 30 premiers défis du livret.

## Que contient-il ?

À l'intérieur, vous trouverez deux types de ressources :

1. Des plans de cours : au fur et à mesure que les élèves avancent dans les défis, certains moments sont propices à des pauses pour y glisser une leçon. Les leçons permettent de relier les concepts appris grâce à Turing Tumble à des applications réelles. Vous trouverez du contenu pour chacune de ces leçons disséminé entre les défis.
2. De l'aide pour résoudre les défis individuellement : nous présentons le défi, la solution, une explication de la solution, les pièges courants et le concept sous-jacent que le défi doit enseigner.

Lorsque vous vous promenez dans votre salle de classe, vous pouvez jeter un coup d'œil rapide à ce guide pour savoir comment aiguiller un élève qui essaie de résoudre un défi et l'aider à comprendre les concepts sous-jacents.

### **Qu'est-ce que Turing Tumble ?**

Turing Tumble est un jeu où on conçoit des ordinateurs mécaniques alimentés par des billes pour résoudre des défis de logique. Tout en jouant, vos élèves apprennent les concepts clés de l'informatique et acquièrent des compétences essentielles au codage. Le jeu aide également les élèves à appréhender le fonctionnement de base d'un ordinateur : comment de simples interrupteurs, connectés entre eux judicieusement, peuvent accomplir des choses incroyablement intelligentes. Il peut être utilisé comme outil autonome pour enseigner le fonctionnement des ordinateurs, comme précurseur ou complément aux leçons de codage, ou comme outil de manipulation utile pour renforcer la compréhension de concepts liés à la programmation ou aux mathématiques.

### **Qu'enseigne Turing Tumble ?**

Turing Tumble enseigne un certain nombre de compétences et de concepts fondamentaux pour comprendre les ordinateurs, la programmation et l'électronique numérique. Il contribue au développement de compétences en pensée computationnelle, en logique, en conception d'algorithmes, en pensée critique, en débogage/dépannage, en motricité fine, en raisonnement spatial et en persévérance. Il enseigne également des concepts tels que les portes logiques, les tables de vérité, les conditions, le système binaire, les opérations binaires et la conception de circuits numériques.

### **Vous trouvez ce guide utile ?**

Dites-nous ce que vous en pensez ! Nous sommes en recherche constante d'amélioration de Turing Tumble et de ce guide. Nous savons que vous trouverez que certaines choses fonctionnent bien... et d'autres non. N'hésitez pas à nous envoyer un e-mail ou à nous contacter sur la page Communauté Turing Tumble de notre site pour partager vos idées et poser des questions. Envoyez-nous simplement un e-mail à [hello@upperstory.com](mailto:hello@upperstory.com).



Notions de base dans un cadre éducatif .....	1
Fonctionnement .....	5
Comment utiliser ce guide .....	8
Cours de logique informatique n°1 : comment Turing Tumble est-il un ordinateur? .....	10
Cours de logique informatique n° 2 : les rampes .....	14
Mission 1 : Gravité .....	16
Mission 2 : Réinsertion .....	18
Mission 3 : Allumage .....	20
Mission 4 : Fusion .....	22
Cours de logique informatique n° 3 : le croisement .....	24
Mission 5 : Entropie .....	26
Mission 6 : Réflexion totale interne .....	28
Mission 7 : La voie de la moindre résistance .....	30
Cours de logique informatique n° 4 : les bits .....	32
Mission 8 : Dépolarisation .....	34
Mission 9 : Dimères .....	36
Mission 10 : Liaison double .....	38
Mission 11 : Sélectivité .....	40
Cours de logique informatique n° 5 : les intercepteurs .....	42
Mission 12 : Dualité - 1 <sup>re</sup> partie .....	44
Mission 13 : Dualité - 2 <sup>e</sup> partie .....	46
Cours de logique informatique n° 6 : les expressions conditionnelles .....	48
Mission 14 : Dualité - 3 <sup>e</sup> partie .....	52
Mission 15 : Inversion .....	54
Mission 16 : Interruption .....	56
Mission 17 : Proportion constante .....	58
Cours de logique informatique n° 7 : les portes logiques .....	60
Mission 18 : Enchevêtrement .....	62
Cours de logique informatique n° 8 : les tables de vérité .....	64
Mission 19 : Enchevêtrement .....	68
Mission 20 : Symbiose .....	70

<b>Cours de logique informatique n° 9 : les registres</b> .....	<b>72</b>
Mission 21 : Nombre quantique .....	76
Mission 22 : Réduction .....	80
Mission 23 : Tétrade .....	84
Mission 24 : Ennéade.....	86
Mission 25 : Expression normale .....	88
Mission 26 : Noyau .....	90
Mission 27 : Réflexion.....	92
<b>Cours de logique informatique n° 10 : les roues dentées et les roues binaires</b>	<b>94</b>
Mission 28 : Verrouillage.....	100
Mission 29 : Interrupteur monostable .....	102
Mission 30 : Débordement .....	104
<b>Ressources</b> .....	<b>106</b>

<< Cette page est intentionnellement laissée vierge >>



## Âge recommandé

Nous recommandons Turing Tumble pour les enfants à partir de 8 ans. Le livret de défis est conçu de manière à ce qu'un élève puisse démarrer de manière autonome et progresser à son rythme. Selon nos observations, les enfants de 8 à 12 ans sont capables de résoudre les 20 à 30 premiers défis. Les étudiants et les adultes deviennent accros à la mission 27, et sont fascinés par ce qu'un ordinateur mécanique peut faire à partir de la mission 35. Les plus jeunes s'amuse avec les dix premiers défis et adorent concevoir leurs propres ordinateurs.

## Jeu en solo ou à plusieurs

Nous vous conseillons d'avoir au maximum deux élèves par tableau. Avec ce jeu, les élèves atteignent une réelle compréhension quand ils trouvent physiquement les solutions des défis. Vous verrez vos élèves ajouter des pièces, puis faire glisser leurs doigts sur le tableau pour tester leurs prédictions de l'endroit où les billes tomberont. Lorsque vous assisterez à ça, vous saurez qu'ils comprennent, mais ce type d'apprentissage pratique n'est pas vraiment possible dans un groupe de trois ou plus.

## Planification des défis

Durant un cours d'une heure comprenant la présentation du jeu, son installation, la phase de jeu en elle-même et le rangement, la plupart des élèves auront le temps de résoudre 4 ou 5 défis.

<b>Missions 1-10 :</b>	5-15 minutes pour résoudre chacune
<b>Missions 11-20 :</b>	10-15 minutes pour résoudre chacune
<b>Missions 21-30 :</b>	10-20 minutes pour résoudre chacune
<b>Missions 31 et suivantes</b>	La durée de résolution des défis suivants varie considérablement d'une personne à l'autre

## Apprentissage indépendant et étayage intentionnel

Les élèves doivent suivre leurs propres progrès : il est *crucial* qu'ils comprennent chaque défi et n'essaient pas de sauter des étapes, même si les premiers défis sont trop faciles pour eux. Chaque défi introduit un nouveau

concept, une nouvelle règle ou une astuce et ils se retrouveront rapidement perdus s'ils ne terminent pas chacun des défis dans l'ordre. Nous voyons souvent des élèves essayer les trois premiers défis, passer au dernier défi et penser qu'ils l'ont résolu immédiatement parce qu'ils ne connaissent pas encore toutes les règles.

## Vidéos pédagogiques

Vidéo de prise en main de Turing Tumble (anglais seulement) :  
<https://bit.ly/getting-started-with-turing-tumble>

Deux élèves décrivent comment démarrer avec Turing Tumble, donnent quelques conseils utiles pour mettre en place le jeu, expliquent comment jouer et dispensent des conseils en cas de problèmes.



Comment Turing Tumble est un ordinateur (anglais seulement) :  
<https://bit.ly/like-a-computer>

Cette vidéo explique comment Turing Tumble est un ordinateur mécanique et présente les différences entre les ordinateurs mécaniques et leurs homologues électroniques qui sont familiers à la plupart des gens. Elle montre l'intérieur d'un ordinateur électronique et zoome sur les interrupteurs microscopiques à l'intérieur du processeur qui ne sont visibles qu'à l'aide d'un microscope électronique à effet tunnel. Turing Tumble possède des interrupteurs mécaniques que les élèves peuvent connecter judicieusement entre eux pour obtenir des résultats ingénieux. Si Turing Tumble était assez grand, il pourrait faire tout ce que votre ordinateur de bureau, ordinateur portable ou téléphone portable peut faire.



Visualisation de l'intérieur d'un processeur d'ordinateur (anglais seulement) :  
<https://bit.ly/computer-processor>

Cette vidéo zoome sur un processeur d'ordinateur jusqu'à ce que vous puissiez voir les interrupteurs individuels (appelés « transistors ») à l'intérieur et les minuscules fils de cuivre qui les relient ensemble. Au fur et à mesure qu'elle zoome de plus en plus, vous remarquerez que les images passent de la couleur au noir et blanc. C'est le moment où les créateurs de la vidéo ont dû passer de la prise de vue avec la lumière à la prise de vue avec des électrons, car ils sont beaucoup plus petits.



Vidéo pédagogique promotionnelle (anglais seulement) :  
<https://www.youtube.com/watch?v=M-d6z0WIAEY>



Vous pouvez utiliser cette vidéo pour promouvoir Turing Tumble au sein de votre école, académie ou communauté.

## Guide pratique

N'oubliez pas le guide pratique Turing Tumble ! Vous pouvez le télécharger gratuitement (anglais seulement) sur [upperstory.com/turingtumble/edu/resources](http://upperstory.com/turingtumble/edu/resources). En plus de présenter tous les défis en noir et blanc pour qu'ils soient faciles à imprimer/copier, il contient également 30 « défis d'entraînement » supplémentaires intercalés entre les autres. Les défis d'entraînement réduisent la courbe d'apprentissage en aidant les joueurs à intégrer plus progressivement de nouveaux concepts.

## Turing Tumble sur un écran

Les simulateurs de Turing Tumble en ligne sont parfaits pour montrer à une classe comment utiliser Turing Tumble. Vous pouvez projeter un simulateur sur un écran, concevoir des machines dessus rapidement et les faire fonctionner directement à l'écran pour que votre classe puisse regarder. Nous vous recommandons actuellement d'utiliser les simulateurs suivants :

Simulateur 1 par Rich Twilton :  
<https://bit.ly/tumble-together-simulator>



Ce simulateur ressemble beaucoup au jeu réel et propose dans son menu les 30 premiers défis pour jouer directement. Il permet également aux élèves de partager leur travail à distance tout en résolvant des défis via des salles partagées.

Simulateur 2 par Jesse Crossen :  
<https://bit.ly/tt-sim>

Ce simulateur ressemble beaucoup au jeu réel. Il anime les billes qui se déversent d'une manière physique qui ressemble au vrai Turing Tumble. Vous pouvez même agrandir le tableau si vous voulez faire des machines plus complexes.

Simulateur 3 par Lode Vandevenne :  
<https://bit.ly/js-tumble>

Ce simulateur est facile à prendre en main. Vous créez de petites machines en quelques minutes.

## Trucs et astuces

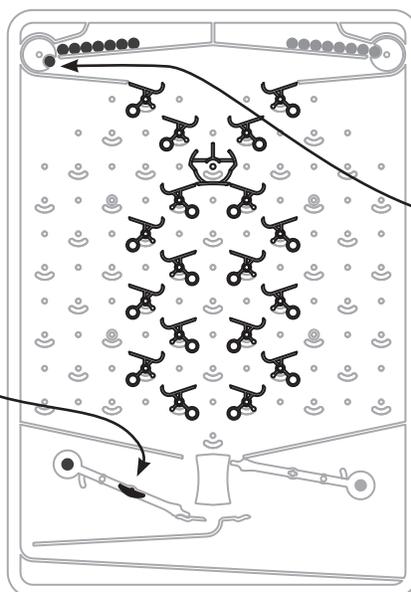
- Les pieds du support peuvent être assemblés de deux manières, mais une seule manière retient le tableau. Si le support ne retient pas le tableau, séparez les pieds, retournez une partie et essayez de le fixer dans la nouvelle configuration.
- Mettez le support et la planche À L'INTÉRIEUR du haut de la boîte pour maintenir en place toutes les pièces et les billes.
- Chargez les billes uniquement APRÈS que toutes les pièces de jeu ont été ajoutées au tableau. Le processus de résolution d'un défi peut provoquer un tressaillement du tableau ou déclencher le levier inférieur, ce qui pourrait libérer les billes prématurément et les faire rebondir partout.
- Ne chargez pas toutes les billes! Chargez uniquement le nombre indiqué dans l'énoncé du défi (généralement environ 8 de chaque côté).
- Tracez le trajet de la bille avec un doigt pour savoir où placer les pièces. Si le trajet de votre doigt rencontre une des tiges blanches du tableau, ajoutez une autre pièce.
- Les billes ne doivent jamais tomber en chute libre. Si c'est le cas, placez des pièces sur le tableau pour les guider jusqu'en bas.
- Utilisez « l'arrêt d'urgence » en soulevant les leviers en bas du tableau pour empêcher les billes de déclencher la chute de davantage de billes.
- Le support thermoformé noir où sont rangés les pieds peut être placé sous la boîte pour gagner de la place.
- Conseils de rangement :
  - Assurez-vous que chaque pièce est remise à sa place.
  - Insérez le livret au-dessus du matériel de jeu en plaçant sa reliure dans la rainure prévue à cet effet.
  - Placez les pieds dans leur support thermoformé et placez celui-ci par-dessus le reste du matériel et du livret.
  - Placez le tableau blanc en dernier.

# Fonctionnement



Le tableau de jeu libère une bille à la fois de la partie du haut :

Appuyez ici pour démarrer la machine...

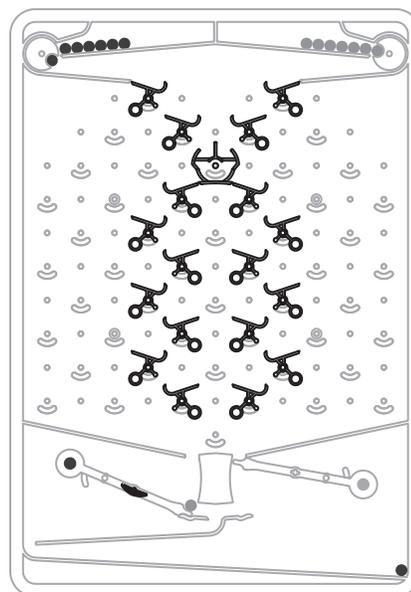
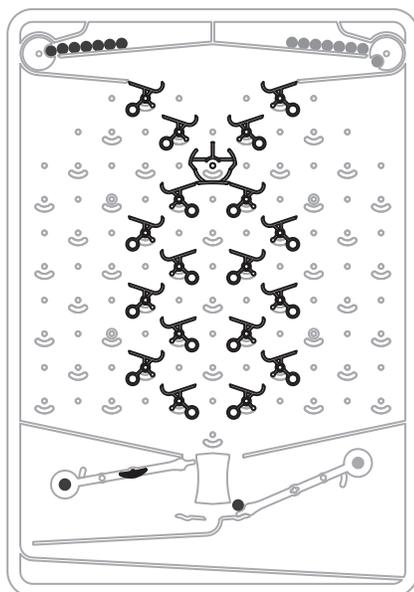


... et le mécanisme libère une bille du haut du tableau.

Chaque bille tombe le long du tableau et lorsqu'elle atteint le bas, elle abaisse un des deux leviers noirs en bas, ce qui libère alors une autre bille.

Si le levier de **droite** est abaissé, le mécanisme libère une bille **rouge**.

Si le levier de **gauche** est abaissé, le mécanisme libère une bille **bleue**.



Les joueurs ajoutent de la logique en plaçant **six types de pièces différents** sur le tableau :



**RAMPE**

Les **rampes** dirigent les billes vers la droite ou vers la gauche, selon la façon dont vous les placez sur le tableau. Ce sont des pièces réversibles, mais une fois placées sur le tableau, les contrepoids les remettent dans leur position initiale après le passage d'une bille. Les rampes s'apparentent aux fils électriques d'un ordinateur et les billes à de l'électricité.



**CROISEMENT**

Le **croisement** agit comme deux fils qui se croisent sans se toucher, un peu comme un pont permettant aux voitures de circuler au-dessus d'autres routes.



**BIT**

Le **bit** ajoute de la logique. Il stocke des informations en pointant vers la droite ou vers la gauche. Ces deux états (gauche ou droite) peuvent représenter les énoncés faux ou vrai, ou encore 0 ou 1, souvent utilisés en informatique. Une bille qui traverse un bit change sa direction et modifie donc les informations qu'il stocke. Le bit devient de plus en plus important au fur et à mesure des défis.



**INTERCEPTEUR**

L'**intercepteur** sert à empêcher l'ordinateur de libérer d'autres billes lorsque l'ordinateur a rempli sa fonction.



**ROUE DENTÉE  
ET  
ROUE BINAIRE**

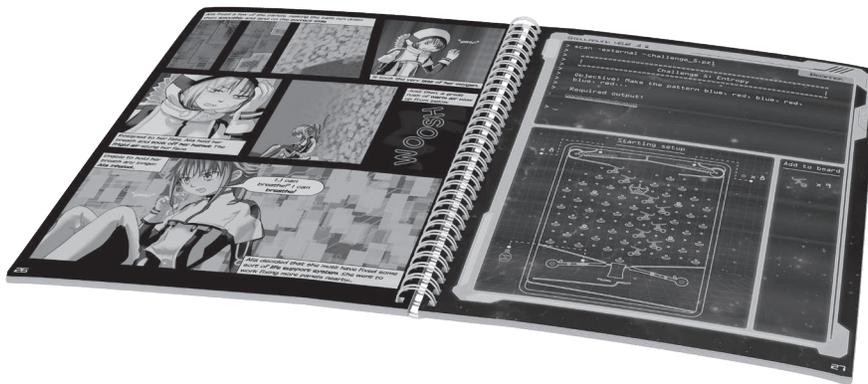
Comme le bit, la **roue binaire** stocke des informations en pointant vers la droite ou vers la gauche, mais lorsqu'une roue binaire pivote, elle peut également faire pivoter d'autres roues binaires qui lui sont connectées par des **roues dentées**.

Les roues binaires et les roues dentées sont complexes, mais elles ajoutent un tout autre niveau de fonctionnalités au tableau. Ils rendent également l'ordinateur « complètement Turing », ce qui signifie que si le tableau était assez grand, il pourrait faire tout ce qu'un ordinateur électronique peut faire !

Chaque kit est livré avec un petit sachet de rondelles noires. Celles-ci doivent être ajoutées derrière les roues binaires lorsque seules deux roues binaires sont connectées ensemble pour augmenter la friction. Cependant, si *plus* de deux roues binaires sont connectées, les rondelles ne doivent pas être utilisées.

Turing Tumble est livré avec un livret qui comprend 60 défis. Ils sont faciles au début et deviennent de plus en plus difficiles. Au fur et à mesure que vous avancez dans le livret de défis, vous allez débloquer de nouveaux types de pièces. Par exemple, vous commencez par utiliser uniquement les rampes, mais après quatre défis, vous débloquent le croisement. Chaque défi amène les élèves à découvrir de nouveaux concepts qu'ils pourront appliquer lors de défis futurs plus complexes.

Une histoire est aussi imbriquée dans les défis pour leur donner du contexte et, espérons-le, les rendre plus intéressants pour certains élèves. Chaque défi rapproche Alia, l'ingénieure spatiale, du sauvetage d'une planète apparemment déserte.





Chaque défi est répertorié avec son numéro de page pour une référence rapide. La page du défi est indiquée en haut avec la solution à côté. Vous pourrez répondre aux questions de certains élèves grâce à un rapide coup d'œil à la solution.

### Cours de logique informatique

Dans ce guide, les « cours de logique informatique » sont positionnés avant que les élèves commencent à utiliser une nouvelle pièce ou avant qu'ils apprennent un nouveau concept. Le livret est organisé de cette façon afin que les éducateurs puissent anticiper ce qui sera enseigné. Cependant, vous trouverez peut-être plus facile d'enseigner la leçon après que les élèves se seront familiarisés avec les pièces.

### Ressources pédagogiques spécifiques aux défis

Chaque défi a ses propres concepts d'enseignement et d'apprentissage répertoriés sous les visuels du défi et de la solution. Vous pouvez vous rendre à n'importe quel défi afin d'y trouver des conseils pour aider vos élèves avec les compétences spécifiques requises ou pour surmonter les blocages qu'ils pourraient rencontrer.

Vous remarquerez rapidement qu'il y a des répétitions dans les ressources pédagogiques pour chaque défi. Par exemple, les défis cinq, six et sept enseignent tous aux élèves comment utiliser le croisement. Par conséquent, dans les ressources pédagogiques de chaque défi, vous verrez plusieurs des mêmes éléments mentionnés. Cela vous permet, en tant que pédagogue, de consulter uniquement les ressources pédagogiques du défi concerné, sans avoir à revenir sur les ressources pédagogiques des défis précédents pour le comprendre.

- **Ce que les joueurs apprennent sur la logique informatique**

Cette section vous fournit de courtes informations sur le lien entre le défi et ce qui se passe à l'intérieur d'un ordinateur. Les leçons de logique informatique donnent une description plus approfondie de la connexion entre les deux.

- **Ce que les joueurs apprennent sur le jeu**

Cette section indique ce que les élèves apprennent sur le jeu grâce à ce défi. Cela peut être un aspect fonctionnel du jeu (comme le fonctionnement du tableau ou des pièces), quelque chose à remarquer sur le livret de défis ou les

défis eux-mêmes, ou encore une astuce à réutiliser plus tard.

- **Points de blocage possibles**

Cette section comprend des trucs et astuces pour aider les élèves à relever les défis. Ils ne sont pas exhaustifs, mais mettent en évidence les étapes logiques qui posent le plus de difficultés aux élèves selon notre expérience.

Si vous utilisez ce guide pédagogique, nous apprécierions vos retours afin que nous puissions l'améliorer et ajouter du contenu pour une prochaine version.

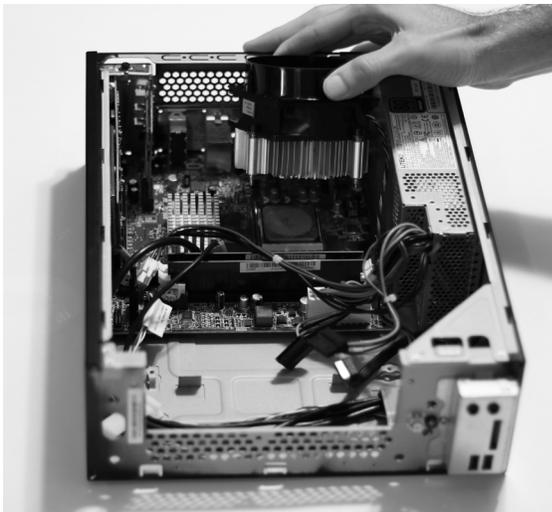
## Cours de logique informatique n°1 : comment Turing Tumble est-il un ordinateur?

Comme la plupart des gens, vous vous demandez probablement comment cet appareil à billes peut bien être un ordinateur. Il n'a pas d'écran, pas de clavier et pas de pièces électroniques. En quoi cela ressemble-t-il à un ordinateur?

Pour commencer, regardons ce qu'il y a à l'intérieur d'un ordinateur de bureau ordinaire.

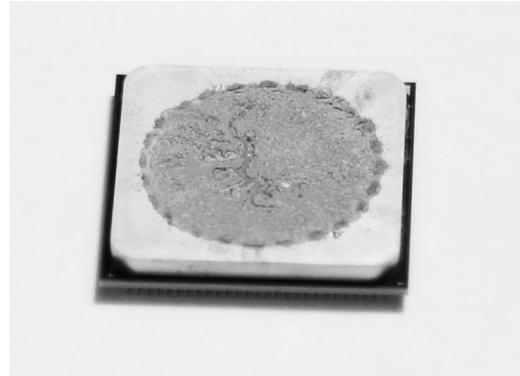
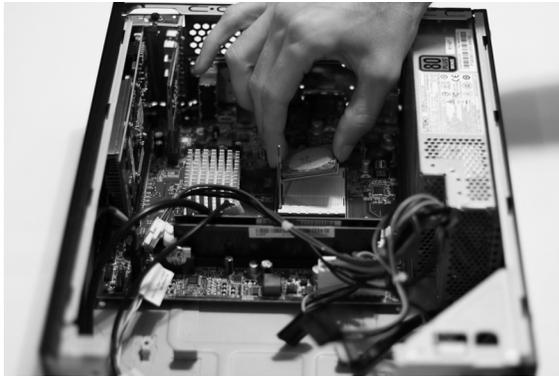


Il y a toutes sortes de choses là-dedans comme des circuits imprimés, des ventilateurs, des voyants et des moteurs, mais ce ne sont pas les parties intelligentes d'un ordinateur. En fait, ces éléments ne sont là que pour supporter le processeur de l'ordinateur - une petite puce rectangulaire située sous un gros ventilateur qui la refroidit.

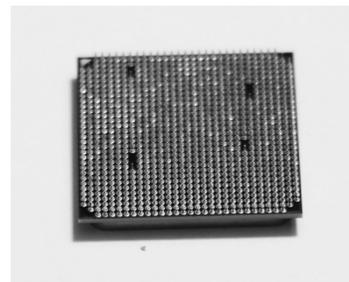


Le processeur de l'ordinateur (ou unité centrale de traitement - abrégée CPU en anglais) est l'endroit où toute « l'intelligence » d'un ordinateur se produit. C'est la partie qui exécute les programmes et qui fait des mathématiques et des opérations logiques. Le processeur travaille beaucoup lorsque l'ordinateur est en marche et génère beaucoup de chaleur au cours du processus. Le ventilateur au-dessus est là pour le refroidir afin qu'il ne surchauffe pas.

Voici à quoi ressemble le processeur de cet ordinateur lorsqu'il est retiré :



La substance collante sur le processeur est de la pâte thermique. Cela facilite le transfert de chaleur hors de la puce. Si nous nettoyons la pâte thermique, le processeur ressemble à ceci au-dessus et en dessous :



Sur la face inférieure du processeur, vous pouvez voir plus d'un millier de petites broches qui dépassent. Les broches relient l'intérieur du processeur à des éléments extérieurs. Certaines broches sont des entrées : elles envoient des informations au processeur ou lui fournissent simplement de l'énergie. Les autres broches sont des sorties : le processeur utilise les sorties pour envoyer des informations au reste de l'ordinateur. Par exemple, le clavier de l'ordinateur fournirait une *entrée* à un processeur tandis qu'un écran afficherait des informations provenant de la *sortie* d'un processeur.

## Qu'y a-t-il à l'intérieur d'un processeur d'ordinateur ?

Des interrupteurs. Beaucoup, beaucoup d'interrupteurs. Des *milliards* d'interrupteurs. Les interrupteurs sont si petits qu'on ne pourrait même pas les voir à l'œil nu. En fait, ils sont si petits qu'on ne pourrait même pas les voir au microscope parce que la longueur d'onde de la lumière visible elle-même est trop grande. De nos jours, les interrupteurs d'un processeur d'ordinateur sont environ mille fois plus petits que l'épaisseur d'un cheveu humain.

La vidéo suivante zoome sur un processeur d'ordinateur jusqu'à ce que vous puissiez voir les interrupteurs individuels (appelés « transistors ») à l'intérieur et les minuscules fils de cuivre les reliant ensemble. Au fur et à mesure qu'elle zoome de plus en plus, vous remarquerez que les images passent de la couleur au noir et blanc. C'est le moment où les créateurs de la vidéo ont dû passer de la prise de vue avec la lumière à la prise de vue avec des électrons, car ils sont beaucoup plus petits. Vous pouvez voir la vidéo ici (anglais seulement) :

<https://bit.ly/computer-processor>

## Comment les interrupteurs peuvent-ils faire *quoi que ce soit* d'intelligent ?

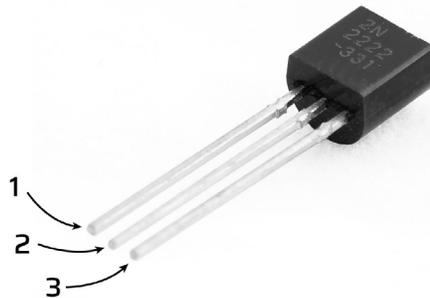
Lorsque vous entendez « interrupteur », vous pensez probablement à l'interrupteur sur votre mur qui allume et éteint la lumière, et ça semble aberrant de penser que des interrupteurs de ce genre puissent faire autre chose que d'allumer et d'éteindre des choses.



Et vous auriez raison pour votre interrupteur mural. Il ne peut rien faire d'intelligent. Les interrupteurs dans les ordinateurs, cependant, ne sont pas limités à « marche » ou « arrêt » comme les interrupteurs muraux ; leur état (activé ou désactivé) affecte également le comportement des autres interrupteurs voisins. En d'autres termes, les interrupteurs informatiques

peuvent faire des choses intelligentes, car ils sont capables de faire basculer d'autres interrupteurs. Pour que les interrupteurs puissent faire des choses intelligentes, la clé est qu'ils doivent pouvoir être basculés par le même type d'énergie que celle qu'ils contrôlent. Un interrupteur mural ne peut pas faire basculer d'autres interrupteurs, car il faut de l'énergie *mécanique* pour le faire basculer, mais il contrôle de l'énergie *électrique*. Vous ne pouvez pas connecter la sortie d'un interrupteur mural à l'entrée d'un autre.

Dans Turing Tumble, les interrupteurs (c'est-à-dire les pièces bleues et violettes que nous appelons « bits » et « roues binaires ») sont actionnés par de l'énergie *mécanique* et contrôlent également de l'énergie *mécanique* : Ils basculent quand une bille les traverse et ils contrôlent si une bille roule vers leur côté gauche ou droit.



Les interrupteurs d'un ordinateur (transistors) sont actionnés par de l'énergie *électrique* et contrôlent également de l'énergie *électrique*. L'image ci-dessus est celle d'un transistor individuel relativement gros, de la taille de l'ongle de votre petit doigt. Voici comment il fonctionne : la broche 1 contrôle le flux d'électricité entre la broche 2 et la broche 3. Si de l'électricité circule dans la broche 1, l'électricité peut circuler de la broche 2 à la broche 3. Sinon, elle ne peut pas.

Comme les interrupteurs des processeurs informatiques et de Turing Tumble sont basculés par le même type d'énergie que celle qu'ils contrôlent, un interrupteur peut faire basculer un autre interrupteur. En résolvant les défis de Turing Tumble, vous découvrirez comment cette propriété simple permet de construire des machines aux capacités illimitées!

Vidéo « Comment Turing Tumble est un ordinateur » (anglais seulement) : <https://bit.ly/like-a-computer>

## Cours de logique informatique n° 2 : les rampes

Dans les premiers défis, la seule pièce utilisée est la « rampe ». Elle ressemble à ça :



Le but de la rampe est de faire en sorte que les billes aillent toujours dans une certaine direction. Si vous la placez sur le tableau pointant vers la gauche, les billes iront vers la gauche. Si vous la placez sur le tableau pointant vers la droite, les billes iront vers la droite.

### À quoi ressemblent les rampes électroniques dans un ordinateur électronique ?

Dans un ordinateur électronique, comme un ordinateur portable, un ordinateur de bureau ou un smartphone, les fils sont utilisés aux mêmes fins que les rampes. Les fils dirigent l'électricité là où elle doit aller, un peu comme un tuyau pour les électrons. Parfois, les fils dirigent l'électricité vers un interrupteur ou un autre composant électrique, et parfois ils conduisent simplement à plus de fils qui bifurquent.

Il y a même de minuscules fils dans des puces électroniques comme celle-ci :



Photo d'un processeur Motorola 68040 prise par Konstantin Lanzet. Partagé sous licence CC BY-SA 3.0 sur [https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola\\_68040](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_68040).

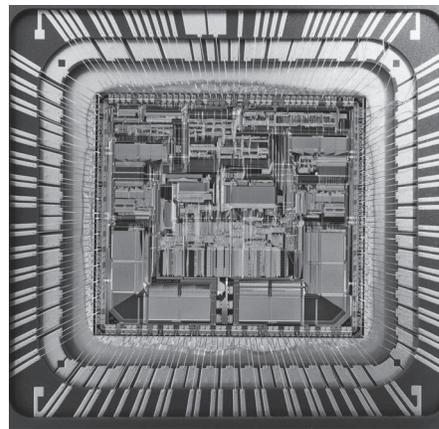
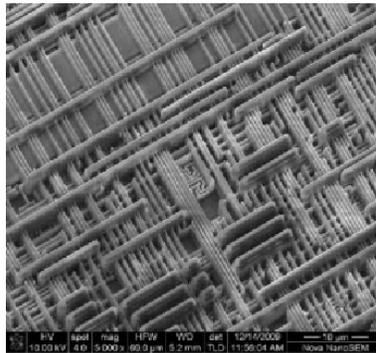


Photo d'un processeur Motorola 68040 mis à nu prise par Gregg M. Erickson. Partagé sous licence CC BY 3.0 sur [https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola\\_68040](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_68040).

L'image de gauche montre une puce électronique comme vous pourriez en voir à l'intérieur de votre ordinateur. Les puces électroniques ne sont que de minuscules circuits électriques, recouverts de plastique ou de céramique pour assurer leur sécurité. Sur la droite se trouve la même puce électronique, mais sans son revêtement protecteur.

Si vous zoomez suffisamment, vous pouvez voir les minuscules fils de cuivre reliant les différentes parties du circuit électrique.



Cette image au microscope électronique à balayage d'une puce mise à nu a été utilisée avec la permission de DELTA Microelectronics (<https://asic.madebydelta.com>)

Dans Turing Tumble, les rampes sont comme des fils et les billes sont comme de l'électricité. Lorsque vous placez des rampes sur le tableau, vous tracez les trajets que les billes peuvent parcourir, tout comme les fils tracent les trajets que l'électricité peut emprunter.

# Mission 1 : Gravité

(page 15 du livret de défis)



## Mission 1 : Gravité

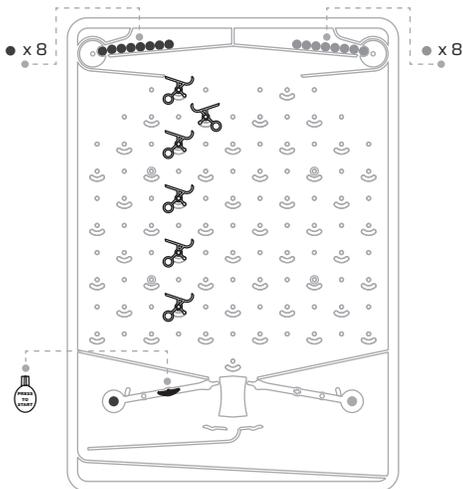
**Objectif :** déplacer toutes les billes bleues (et seulement les bleues) au point d'arrivée.

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ

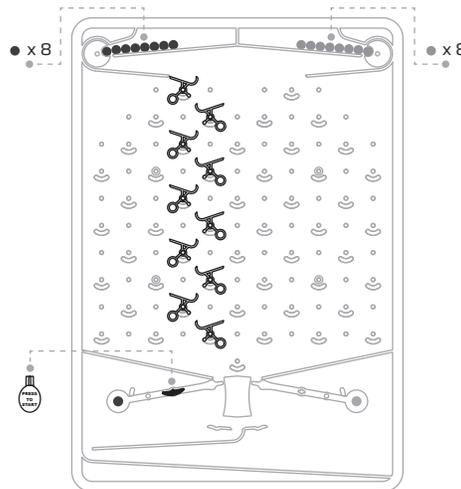
Pièces autorisées



## Solution de la mission 1

**Explication :** les 4 rampes complètent le trajet du haut du tableau vers le bas du tableau.

N'oubliez pas qu'il est interdit de laisser les billes tomber en chute libre sur n'importe quelle distance ! Lorsqu'une bille roule sur une pièce, elle doit immédiatement atterrir sur la pièce suivante.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- La seule pièce utilisée dans ce défi est la rampe. Les rampes s'apparentent aux fils d'un circuit électrique et les billes à l'électricité. Lorsque les joueurs placent des rampes sur le tableau, ils établissent des trajets que les billes peuvent parcourir, tout comme les fils établissent des trajets que l'électricité peut emprunter.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Familiarisation avec la disposition des défis : sortie requise, configuration de départ et pièces disponibles.
- Compréhension du mécanisme : les leviers en bas sont reliés au système de libération des billes en haut.
- Entraînement à placer les rampes sur la planche : les élèves découvrent que les rampes sont réversibles et peuvent être placées sur le tableau dans les deux sens, selon l'endroit où ils souhaitent acheminer les billes.

## Points de blocage possibles :

- Les machines des élèves ne doivent pas laisser les billes tomber librement, peu importe la distance. Les billes peuvent rebondir de manière imprévisible si le trajet formé par les pièces ne mène pas jusqu'en bas ou si les rampes sont orientées dans la mauvaise direction.
- Démarrage de la machine : une fois la machine en marche, il est interdit d'y toucher ou d'interférer avec son fonctionnement. Pour démarrer la machine, appuyez une seule fois sur le levier de démarrage. Une fois qu'une bille atteint le fond, elle appuie sur un levier pour libérer la bille suivante.
- Placement des rampes sur le tableau : les rampes sont réversibles ! Notez dans quelle direction elles sont orientées avant de les placer sur le tableau.

# Mission 2 : Réinsertion

(page 16 du livret de défis)



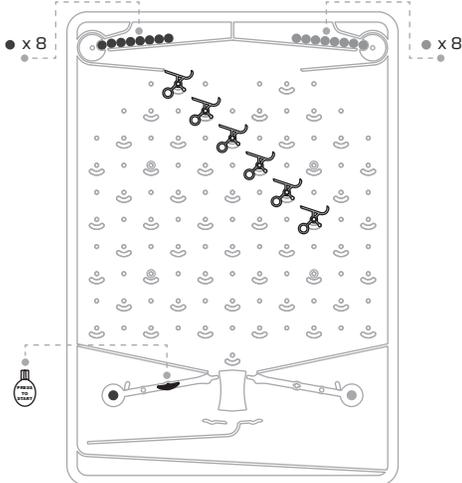
## Mission 2 : Réinsertion

**Objectif :** déplacer toutes les billes bleues (et seulement les bleues) au point d'arrivée.

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



### Pièces autorisées

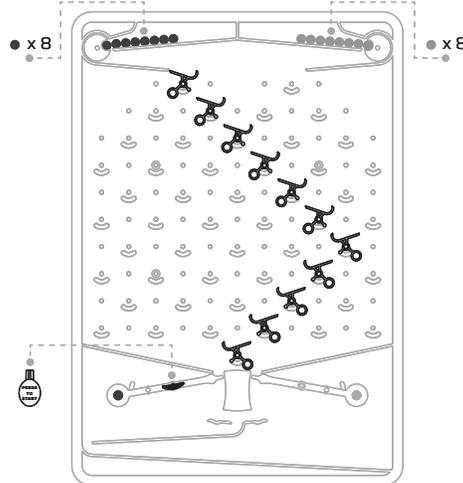


x 5

## Solution de la mission 2

**Explication :** la configuration de départ mène les billes sur le côté droit. C'est un problème! Si les billes frappent le levier de droite, cela libère des billes rouges, or vous devez laisser seulement les billes bleues atteindre le bas.

Pour résoudre ce défi, vous devez utiliser les 5 rampes afin de réorienter les billes vers le levier de gauche.



23

23

## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- La seule pièce utilisée dans ce défi est la rampe. Les rampes s'apparentent aux fils d'un circuit électrique et les billes à l'électricité. Lorsque les joueurs placent des rampes sur le tableau, ils établissent des trajets que les billes peuvent parcourir, tout comme les fils établissent des trajets que l'électricité peut emprunter.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Familiarisation avec la disposition des défis : sortie requise, configuration de départ et pièces disponibles.
- Compréhension du mécanisme : les leviers en bas sont reliés au système de libération des billes en haut.
- Entraînement à placer les rampes sur la planche : découverte que les rampes sont **réversibles** et peuvent aller sur le tableau dans les deux sens, selon l'endroit où les élèves veulent acheminer les billes.

## Points de blocage possibles :

- Les élèves peuvent d'abord placer des rampes pour que la bille déclenche le levier droit. C'est un bon moment pour s'assurer qu'ils ont regardé à l'arrière de la planche pour voir comment le levier en bas est connecté au système de libération de la bille en haut. Encouragez-les à placer les rampes afin que les billes soient guidées du côté bleu.

# Mission 3 : Allumage

(page 17 du livret de défis)



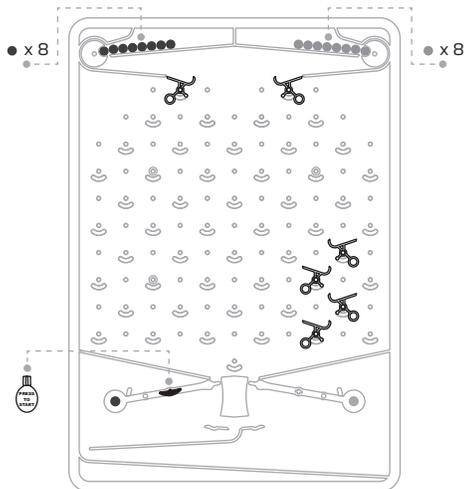
## Mission 3 : Allumage

**Objectif :** déclencher la machine en engageant une seule bille bleue, suivie de toutes les billes rouges.

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



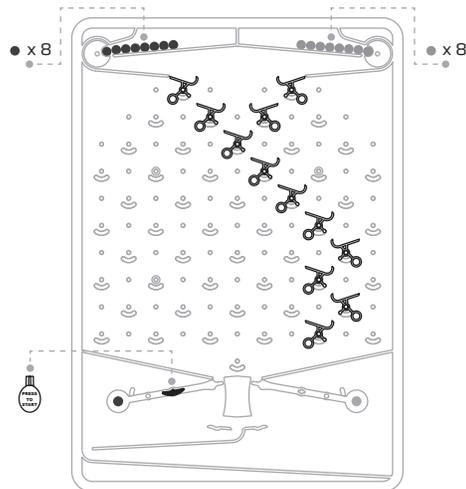
### Pièces autorisées



x 6

## Solution de la mission 3

**Explication :** les rampes orientent le trajet des billes rouges et bleues vers un trajet qui mène au levier de droite. Après la première bille bleue, toutes les autres sont rouges.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- La seule pièce utilisée dans ce défi est la rampe. Les rampes s'apparentent aux fils d'un circuit électrique et les billes à l'électricité. Lorsque les joueurs placent des rampes sur le tableau, ils établissent des trajets que les billes peuvent parcourir, tout comme les fils établissent des trajets que l'électricité peut emprunter.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Pas besoin d'appuyer sur le levier droit pour faire descendre les billes rouges en bas du tableau. Une bille bleue peut déclencher la libération d'une bille du côté rouge, permettant à une bille rouge de tomber.

## Points de blocage possibles :

- Il peut être difficile pour les joueurs de comprendre comment libérer une bille bleue et tout le reste en rouge. Rappelez-leur que la bille est libérée lorsqu'ils appuient sur le bouton de démarrage et qu'ils peuvent déterminer la prochaine bille de couleur en fonction de la façon dont ils dirigent les billes avec les rampes.

<< Cette page est intentionnellement laissée vierge >>

# Mission 4 : Fusion

(page 18 du livret de défis)



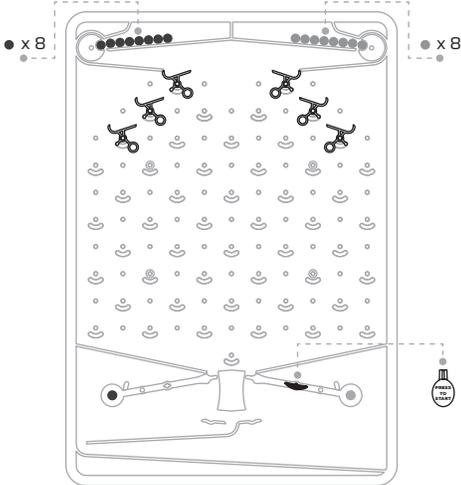
## Mission 4 : Fusion

**Objectif :** démarrer la machine en engageant une seule bille rouge, suivie de toutes les billes bleues.

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



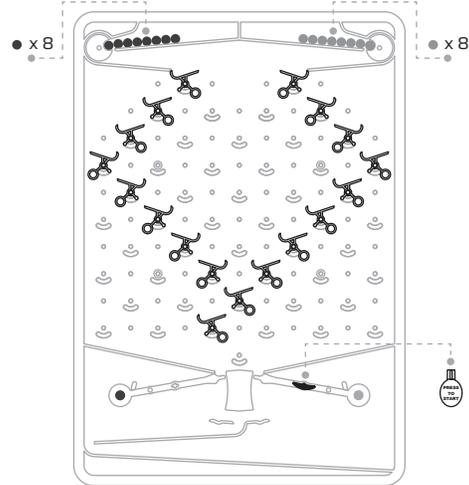
### Pièces autorisées



x 13

## Solution de la mission 4

**Explication :** les trajets doivent se rejoindre, mais ils commencent loin l'un de l'autre ! Utilisez les rampes pour rapprocher les trajets et diriger toutes les billes vers le côté gauche.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- La seule pièce utilisée dans ce défi est la rampe. Les rampes s'apparentent aux fils d'un circuit électrique et les billes à l'électricité. Lorsque les joueurs placent des rampes sur le tableau, ils établissent des trajets que les billes peuvent parcourir, tout comme les fils établissent des trajets que l'électricité peut emprunter.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Le bouton de démarrage peut être placé sur l'un ou l'autre levier. Dans ce défi, il doit aller du côté droit pour qu'une bille rouge soit libérée en premier.
- Comme indiqué dans la bulle, les élèves peuvent parfois résoudre des défis avec moins de pièces que le nombre indiqué dans la section « pièces disponibles ». Si des élèves trouvent les défis d'introduction trop faciles, vous pouvez les mettre au défi de créer la solution la plus élégante et la plus simple possible.

## Points de blocage possibles :

- Il peut être difficile pour les joueurs de comprendre comment libérer une bille rouge et toutes les autres en bleu. Rappelez-leur que la rouge est libérée lorsqu'ils appuient sur le bouton de démarrage et qu'ils peuvent déterminer la prochaine bille de couleur en fonction de la façon dont ils dirigent les billes avec les rampes.
- Il existe de nombreuses façons de disposer les rampes pour résoudre ce défi. L'exemple ci-dessus n'est qu'une solution parmi d'autres.

## Cours de logique informatique n°3 : le croisement

Dans la mission 5, on introduit la pièce appelée « croisement ». Elle ressemble à ça :



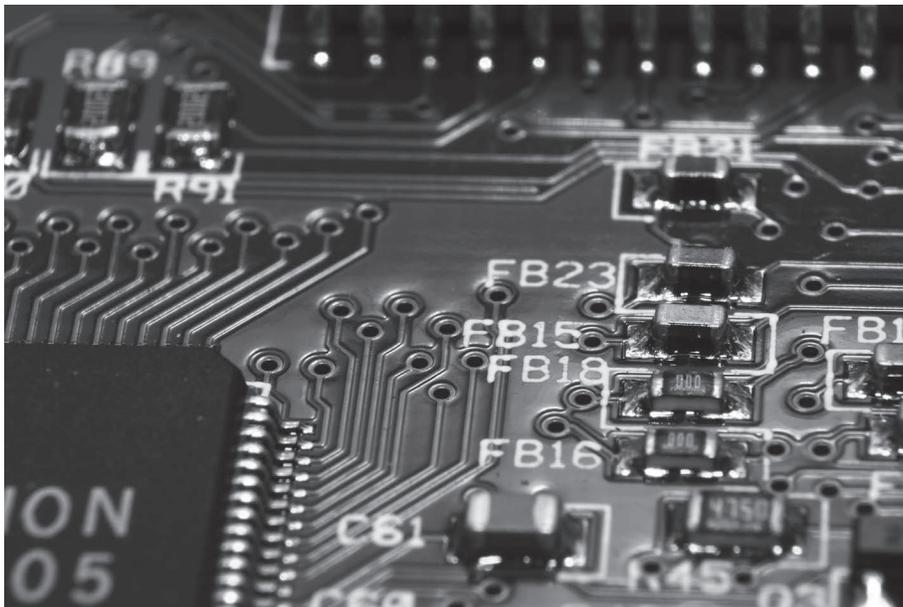
Le croisement a pour but de laisser les trajets des billes se croiser. Une bille venant du côté gauche sort du côté droit. Une bille venant du côté droit sort du côté gauche.

### À quoi ressemblent les croisements dans un ordinateur électronique ?

Le croisement agit comme deux fils qui se croisent mais *ne se touchent pas*, un peu comme un pont permettant à des voitures de circuler au-dessus d'autres routes. L'électricité peut se déplacer le long de chacun des fils, mais les trajets qui se croisent n'interfèrent pas les uns avec les autres. Il serait impossible de créer des circuits compliqués sans fils qui se croisent. Comme les croisements permettent aux trajets des billes de se croiser sans interférer avec le chemin de la bille suivante, ils exécutent une petite partie de ce qui se passe dans un circuit imprimé.



Les circuits imprimés sont utilisés dans les ordinateurs électroniques pour maintenir toutes les connexions de fils de manière solide, sûre et fixée en place. Une carte de circuit imprimé est faite d'un matériau dur et plat. À la surface se trouve une fine couche de cuivre, gravée selon un motif de fils soigneusement conçu qui connecte les composants électroniques sur la carte. Un circuit imprimé est composé de beaucoup plus d'éléments que de simples croisements de fils. Les circuits imprimés abritent des transistors, des processeurs et bien plus encore. Vous trouverez ci-dessous un exemple de circuit imprimé. Vous pouvez voir les fils de cuivre entre toutes les pièces électroniques :



Si les fils d'un circuit imprimé sont tous sur une surface plane, comment se croisent-ils sans se toucher ? La plupart des circuits imprimés ont en fait plusieurs couches de fils de cuivre prises en sandwich entre des isolants. De petits trous, appelés « vias », relient les fils des différentes couches de cuivre. Dans l'image ci-dessus, vous pouvez voir beaucoup de petits vias reliant les différentes couches du circuit imprimé, permettant aux fils de cuivre de se croiser les uns les autres sans se toucher. Même sur une carte de circuit imprimé à une couche, les fils peuvent se croiser à l'aide de « fils de connexion ». Un fil de connexion est un fil qui est soudé sur un circuit imprimé pour sauter par-dessus d'autres fils du circuit imprimé.

Dans les puces informatiques, il existe également plusieurs couches de fils minuscules qui se croisent les uns au-dessus des autres.

# Mission 5 : Entropie

(page 21 du livret de défis)



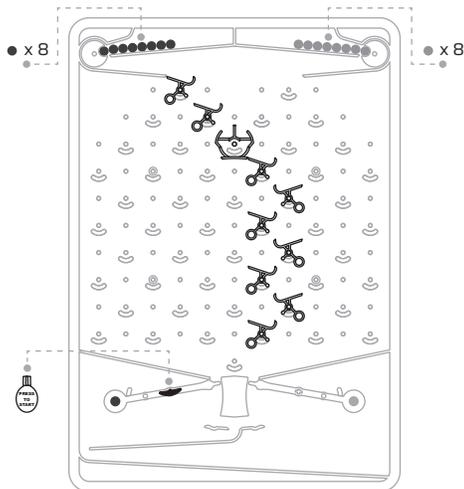
## Mission 5 : Entropie

**Objectif :** produire la séquence « bleu, rouge, bleu, rouge, bleu, rouge, etc. »

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



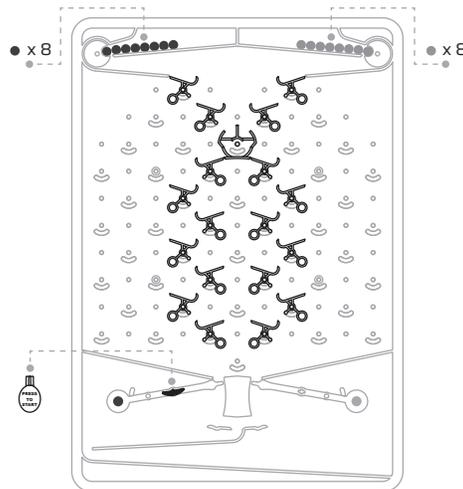
### Pièces autorisées



x 9

## Solution de la mission 5

**Explication :** cette fois, vous devez créer votre propre trajet pour que les billes rouges passent sur le levier de gauche! Vous devez utiliser le croisement pour que votre trajet croise le trajet des billes bleues.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Le croisement est une version mécanique de deux fils qui se croisent (mais ne se touchent pas). Dans les circuits électriques, les fils sont utilisés pour connecter des pièces dans tout le circuit imprimé. Les fils s'entrelacent autour, au-dessus et en dessous les uns des autres pour acheminer l'électricité là où elle doit aller.
- Les circuits imprimés sont généralement constitués de plusieurs couches de fils. Les fils peuvent se croiser s'ils se trouvent dans des couches séparées. Même sur une carte de circuit imprimé à une seule couche, les fils peuvent se croiser à l'aide de « fils de connexion ». Un fil de connexion est un fil qui est soudé sur un circuit imprimé pour sauter par-dessus d'autres fils du circuit imprimé.

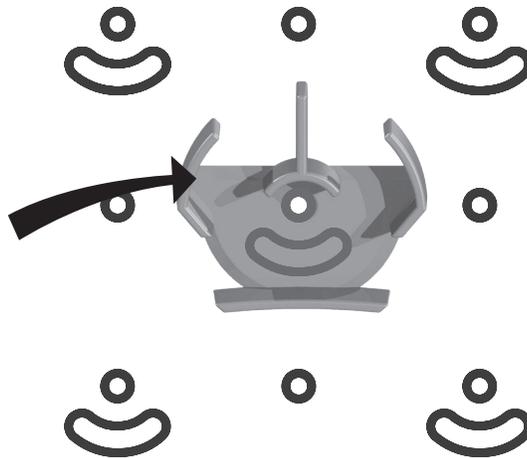
## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Entraînement à mettre les nouvelles pièces « croisement » sur le tableau.

- Fonctionnement des croisements : une bille qui entre du côté gauche le traverse et sort du côté droit. Une bille qui entre du côté droit le traverse et sort par la gauche.
- Solidification de leur compréhension des leviers du bas et du système de libération des billes en haut.

### Points de blocage possibles :

- Dans ce défi, le bouton de démarrage retourne sur le levier gauche.
- Lorsque vous placez des croisements sur le tableau, le sourire du croisement s'emboîte dans le sourire du tableau mais c'est un peu serré. Il doit être enfoncé complètement sur le tableau.



- Comme il s'agit d'un ordinateur mécanique, le bon placement des pièces est important. Les élèves commencent à remarquer que s'ils n'ont pas enfoncé les pièces à fond sur le tableau, les billes sont un peu moins prévisibles.

# Mission 6 : Réflexion totale interne



(page 22 du livret de défis)

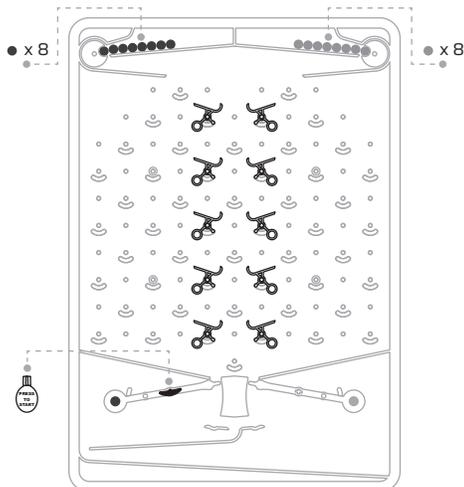
## Mission 6 : Réflexion totale interne

**Objectif :** produire la séquence « bleu, rouge, bleu, rouge, bleu, rouge, etc. »

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



### Pièces autorisées

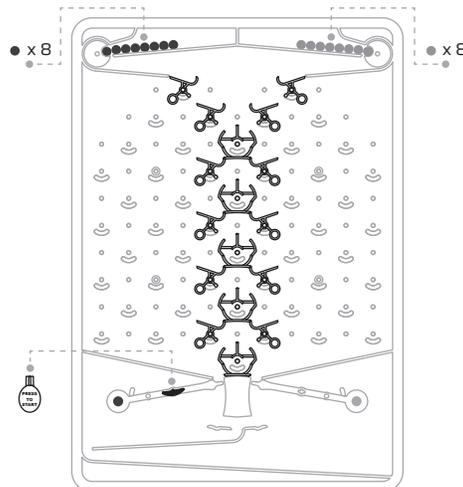
 x 2

 x 5

## Solution de la mission 6

**Explication :** les trajets des billes rouges et bleues se croisent cinq fois. Les croisements doivent être placés à chaque point où ils se croisent.

Dans les deux derniers défis, les trajets se sont croisés une et trois fois. Un, trois et cinq sont tous des nombres impairs. Que se passerait-il si les chemins se croisaient un nombre de fois pair ?



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

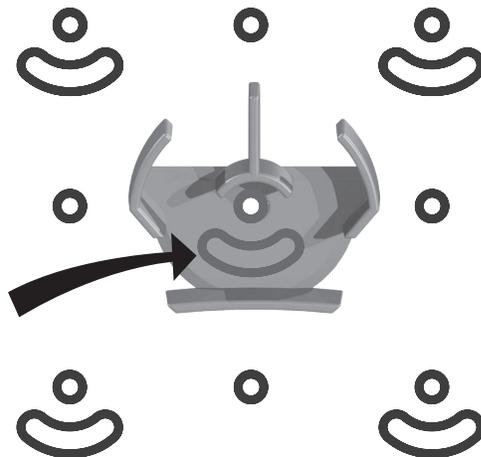
- Le croisement est une version mécanique de deux fils qui se croisent (mais ne se touchent pas). Dans les circuits électriques, les fils sont utilisés pour connecter des pièces dans tout le circuit imprimé. Les fils s'entrelacent autour, au-dessus et en dessous les uns des autres pour acheminer l'électricité là où elle doit aller.
- Les circuits imprimés sont généralement constitués de plusieurs couches de fils. Les fils peuvent se croiser s'ils se trouvent dans des couches séparées. Même sur une carte de circuit imprimé à une couche, les fils peuvent se croiser à l'aide de « fils de connexion ». Un fil de connexion est un fil qui est soudé sur un circuit imprimé pour sauter par-dessus d'autres fils du circuit imprimé.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- Ce défi vise le même résultat que le défi 5, mais c'est une solution plus simple et élégante.
- Entraînement à placer les croisements sur le tableau.
- Solidification de leur compréhension des leviers du bas et du système de libération des billes en haut.

## Points de blocage possibles :

- Lorsque vous placez des croisements sur le tableau, le sourire du croisement s'emboîte dans le sourire du tableau mais c'est un peu serré. Il doit être enfoncé complètement sur le tableau.
- Comme il s'agit d'un ordinateur mécanique, le bon placement des pièces est important. Les élèves commencent à remarquer que s'ils n'ont pas enfoncé les pièces jusqu'au bout sur le tableau, les billes sont un peu moins prévisibles.



# Mission 7 : La voie de la moindre résistance



(page 23 du livret de défis)

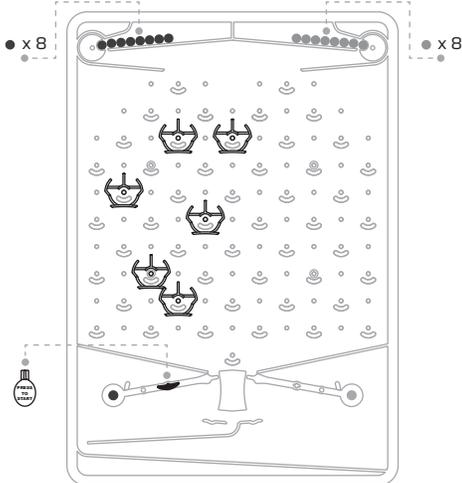
## Mission 7 : La voie de la moindre résistance

**Objectif :** à l'aide de seulement 6 rampes, tracer une voie pour permettre aux billes bleues d'atteindre le point d'arrivée.

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



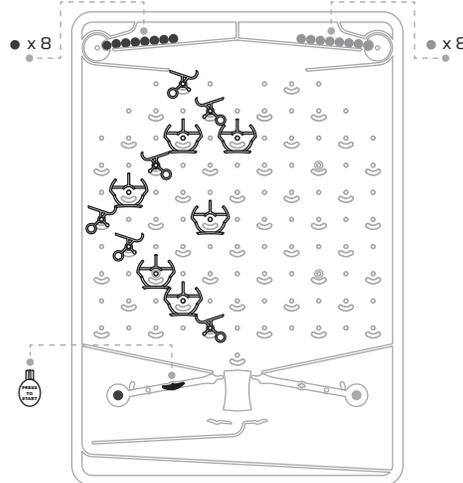
### Pièces autorisées



x 6

## Solution de la mission 7

**Explication :** ce défi est un peu plus complexe que le précédent. En haut, vous devez choisir de partir à gauche ou à droite. Vous devez partir à gauche cette fois.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Le croisement est une version mécanique de deux fils qui se croisent (mais ne se touchent pas). Dans les circuits électriques, les fils sont utilisés pour connecter des pièces dans tout le circuit imprimé. Les fils s'entrelacent autour, au-dessus et en dessous les uns des autres pour acheminer l'électricité là où elle doit aller.
- Les circuits imprimés sont généralement constitués de plusieurs couches de fils. Les fils peuvent se croiser s'ils se trouvent dans des couches séparées. Même sur une carte de circuit imprimé à une couche, les fils peuvent se croiser à l'aide de « fils de connexion ». Un fil de connexion est un fil qui est soudé sur un circuit imprimé pour sauter par-dessus d'autres fils du circuit imprimé.

### **Ce que les élèves apprennent sur le jeu :**

- Les billes n'ont pas besoin de passer dans toutes les parties du tableau. De temps en temps, les défis proposent des pièces dans la configuration de départ qui n'ont pas besoin d'être utilisées.

### **Points de blocage possibles :**

- Ce défi comporte des pièces de la configuration de départ qui ne sont pas destinées à être utilisées. Encouragez les joueurs à penser à l'itinéraire qui utilise le plus grand nombre possible de croisements sur le tableau.

## Cours de logique informatique n° 4 : les bits

Dans la mission 8, on introduit la pièce appelée « bit ». Elle ressemble à ça :



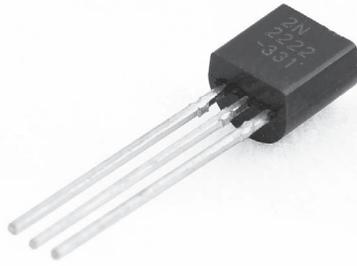
Ces bits sont des versions mécaniques des interrupteurs électroniques qu'on trouve à l'intérieur des puces informatiques. Les interrupteurs électroniques vous permettent de choisir dans quelle direction ira l'électricité en fonction de la façon dont vous les réglez. Ces interrupteurs mécaniques vous permettent de choisir dans quelle direction la bille va rouler en fonction de la direction dans laquelle ils sont pointés.

Vous pouvez souvent choisir dans quelle direction les bits pointent lorsque vous démarrez votre machine : devrait-il pointer vers la gauche ou vers la droite ? Si vous pointez le bit vers la gauche, la prochaine bille tombera vers la droite. Si vous pointez le bit vers la droite, la prochaine bille tombera vers la gauche.

Vous remarquerez que les bits dans Turing Tumble sont un peu plus complexes que les bits électroniques, car une bille qui les traverse change la direction du bit pour la prochaine bille qui tombe. Ils n'ont pas de contrepoids (comme les rampes) pour les remettre dans leur position d'origine.

### À quoi ressemblent les bits dans un ordinateur électronique ?

Le type le plus élémentaire d'interrupteur électronique dans un ordinateur s'appelle un « transistor ». Les transistors sont généralement extrêmement petits, mais celui de l'image ci-contre est enfermé dans un emballage en plastique relativement grand pour le rendre facile à manipuler (il n'a que la taille de l'ongle du petit doigt) :



Voyez-vous les trois fils qui en sortent ? L'un des fils est un fil de commande. En modifiant la force électrique appliquée à ce fil (c'est-à-dire la « tension »), on contrôle la quantité d'électricité pouvant entrer par le deuxième fil et sortir par le troisième fil.

C'est cool, mais comment un interrupteur comme celui-ci peut-il stocker des informations ? Il s'avère que si vous prenez 4 de ces transistors et que vous les connectez ensemble d'une certaine manière, vous pouvez créer un petit circuit qui *se souvient* s'il a été allumé ou éteint, même lorsque vous arrêtez de faire circuler de l'électricité dans le fil de commande. Ce circuit s'appelle une « bascule flip-flop ». C'est l'un des éléments constitutifs les plus importants d'un ordinateur. Des milliards et des milliards de bascules flip-flop sont utilisées pour stocker des informations dans la mémoire de l'ordinateur.

### À quoi ressemblent les bits dans un langage de programmation ?

Lorsque les bits sont utilisés pour stocker des informations, ils sont comme des variables dans un langage de programmation. Bien sûr, un bit ne stocke pas beaucoup d'informations, juste un 1 ou un 0. Mais lorsque vous combinez plusieurs bits en une variable, ils peuvent représenter des nombres, des lettres ou... n'importe quoi d'autre.

Les bits fonctionnent également comme la commande de programmation la plus fondamentale de toutes : l'instruction « if » (« si » en français). On peut exprimer le fonctionnement d'un bit un peu comme ceci :

```
If (direction.bit = droite) Then
    envoi.bille_gauche()
Else
    envoi.bille_droite()
```

If = Si  
Then = Alors  
Else = Sinon

# Mission 8 : Dépolarisation

(page 26 du livret de défis)



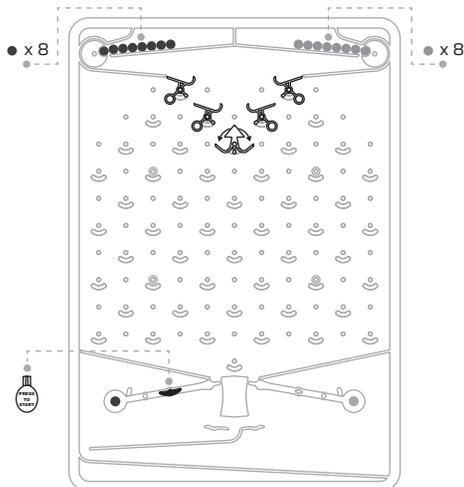
## Mission 8 : Dépolarisation

**Objectif :** produire la séquence « bleu, rouge, bleu, rouge, bleu, rouge, etc. »

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



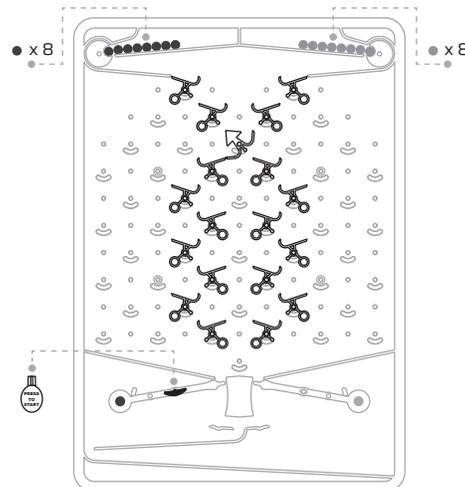
### Pièces autorisées



x 14

## Solution de la mission 8

**Explication :** un bit permet d'alterner la couleur des billes libérées.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Les bits sont des versions mécaniques des interrupteurs électriques qu'on trouve à l'intérieur d'un ordinateur. Dans un ordinateur, les interrupteurs électriques déterminent le chemin qui sera parcouru par l'électricité. Dans Turing Tumble, la direction d'un bit détermine dans quelle direction une bille va tomber. Si un bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si un bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Cependant, les bits de Turing Tumble sont un peu plus délicats à maîtriser que les interrupteurs de puces informatiques, car ils changent de direction à chaque fois qu'une bille les traverse.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- La position de départ du bit est très importante. Si le bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si le bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Dans ce défi, les élèves doivent choisir la position

de départ du bit.

- Lorsqu'une bille traverse le bit, le bit reste pointé dans la nouvelle direction. Cela contraste avec les rampes qui ont un contrepoids qui les ramène à leur position d'origine.

### Points de blocage possibles :

- Le symbole du bit dans la « Configuration de départ » le montre pointant vers le haut, mais avec deux flèches incurvées au-dessus pointant vers la gauche et la droite. Cela indique que l'élève doit *choisir* la direction de départ du bit.
- Encouragez les élèves à faire glisser leur doigt sur les pièces et à observer comment le contrepoids des rampes fonctionne contrairement au bit qui tourne et reste pointé dans la nouvelle direction.

# Mission 9 : Dimères

(page 27 du livret de défis)



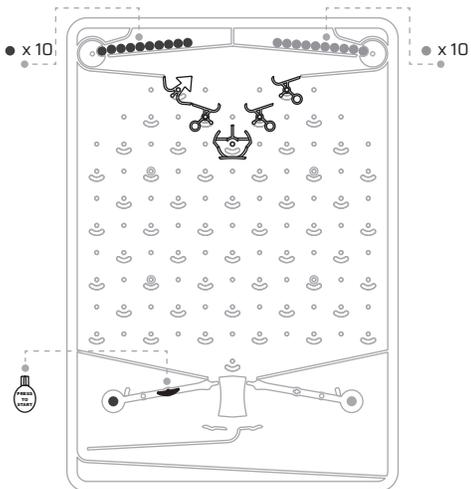
## Mission 9 : Dimères

**Objectif :** produire la séquence « bleu, bleu, rouge, bleu, bleu, rouge, etc. »

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



### Pièces autorisées

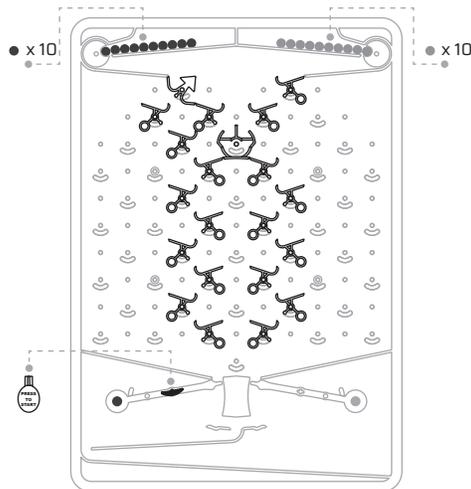


x 18

## Solution de la mission 9

**Explication :** le bit fait en sorte qu'une bille bleue sur deux libère une bille rouge, mais que chaque bille rouge libère une bille bleue.

Voyez-vous comment le bit divise le trajet des billes bleues pour aller dans deux directions ? Ce sera très important pour les missions à venir !



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Les bits sont des versions mécaniques des interrupteurs électriques qu'on trouve à l'intérieur d'un ordinateur. Dans un ordinateur, les interrupteurs électriques déterminent le chemin qui sera parcouru par l'électricité. Dans Turing Tumble, la direction d'un bit détermine dans quelle direction une bille va tomber. Si un bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si un bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Cependant, les bits de Turing Tumble sont un peu plus délicats à maîtriser que les interrupteurs de puces informatiques, car ils changent de direction à chaque fois qu'une bille les traverse.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- La position de départ du bit est très importante. Dans ce défi, la position de départ du bit est choisie pour l'élève : il doit pointer vers la droite. Puisque le bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche.

- Lorsqu'une bille traverse le bit, le bit reste pointé dans la nouvelle direction. Cela contraste avec les rampes qui ont un contrepoids qui les ramène à leur position d'origine.
- La configuration de départ indique également combien de billes doivent commencer en haut. C'est le premier défi qui utilise dix billes de chaque couleur au lieu de huit.
- Le bit et le croisement, utilisés ensemble, permettent un motif plus compliqué, car vous pouvez acheminer les billes dans trois directions différentes lorsqu'elles tombent du haut.

### **Points de blocage possibles :**

- Le symbole du bit dans la « Configuration de départ » indique qu'il pointe vers la droite. Les joueurs ne peuvent PAS choisir la position de départ du bit dans ce défi. Il doit être pointé vers la droite pour commencer.
- C'est la première fois que les joueurs utilisent le bit et le croisement ensemble. Cela peut prendre un moment pour réfléchir à la trajectoire de la bille lorsque le bit est pointé vers la droite (position de départ) par rapport à lorsqu'il pointe vers la gauche. Encouragez les élèves à utiliser leurs doigts pour tracer le chemin que les billes emprunteront.

# Mission 10 : Liaison double

(page 28 du livret de défis)



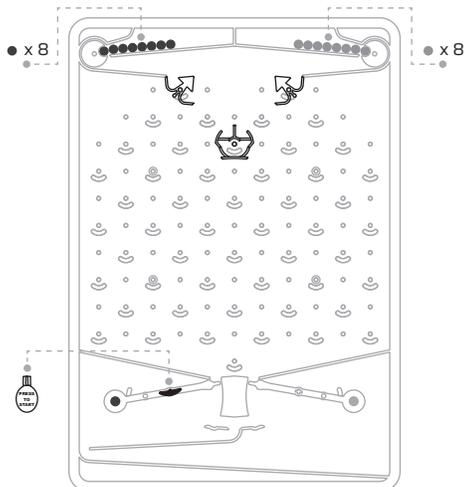
## Mission 10 : Liaison double

**Objectif :** produire la séquence « bleu, bleu, rouge, rouge, bleu, bleu, rouge, rouge, etc. »

**Résultat attendu :**



### Configuration de départ



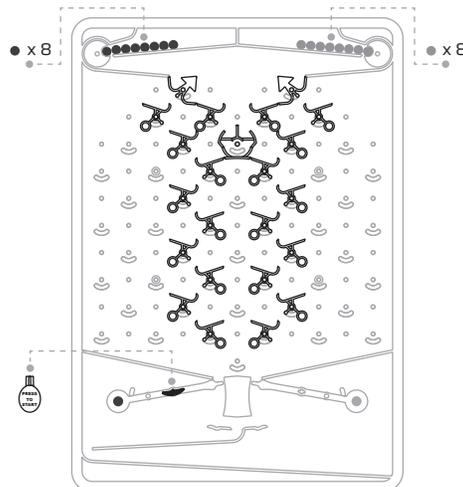
### Pièces autorisées



x 22

## Solution de la mission 10

**Explication :** cette fois, il y a des bits sur le chemin des billes rouges et des billes bleues. Les bits ne font passer qu'une bille sur deux de l'autre côté du tableau.



## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Les bits sont des versions mécaniques des interrupteurs électriques qu'on trouve à l'intérieur d'un ordinateur. Dans un ordinateur, les interrupteurs électriques déterminent le chemin qui sera parcouru par l'électricité. Dans Turing Tumble, la direction d'un bit détermine dans quelle direction une bille va tomber. Si un bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si un bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Cependant, les bits de Turing Tumble sont un peu plus délicats à maîtriser que les interrupteurs de puces informatiques, car ils changent de direction à chaque fois qu'une bille les traverse.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- La position de départ du bit est très importante. Dans ce défi, les positions de départ des bits sont choisies pour l'élève.
- Lorsqu'une bille traverse le bit, le bit reste pointé dans la nouvelle direction.

Cela contraste avec les rampes qui ont un contrepoids qui les ramène à leur position d'origine.

- La configuration de départ indique également combien de billes doivent commencer en haut. Ce défi oblige les élèves à utiliser de nouveau 8 billes de chaque couleur.
- Deux bits permettent un tracé plus complexe, car les élèves peuvent acheminer les billes dans quatre directions différentes lorsqu'elles tombent du haut.

### **Points de blocage possibles :**

- Les symboles des bits dans la « Configuration de départ » en montrent un pointant vers la droite et un pointant vers la gauche. Les joueurs ne peuvent PAS choisir la position de départ du bit dans ce défi.
- Bien qu'il y ait quatre trajets pour les billes en haut, les joueurs n'ont besoin que de deux trajets une fois en bas : un trajet pour déclencher le levier gauche (bleu) et un trajet pour déclencher le levier droit (rouge).

# Mission 11 : Sélectivité

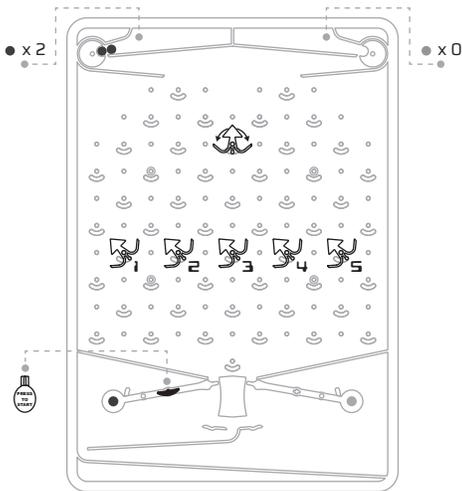
(page 29 du livret de défis)



## Mission 11 : Sélectivité

**Objectif :** faire basculer les bits 2 et 5 vers la droite.

### Configuration de départ



### Pièces autorisées

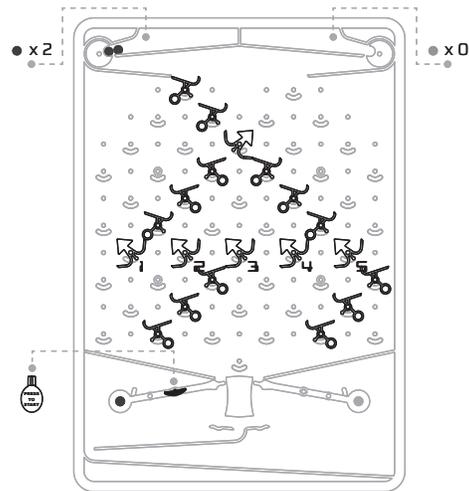


x 15

23

## Solution de la mission 11

**Explication :** le bit du haut divise le trajet des billes bleues. Un trajet mène au bit 2 et l'autre mène au bit 5.



23

## Ce que les élèves apprennent sur la logique informatique :

- Les bits sont des versions mécaniques des interrupteurs électriques qu'on trouve à l'intérieur d'un ordinateur. Dans un ordinateur, les interrupteurs électriques déterminent le chemin qui sera parcouru par l'électricité. Dans Turing Tumble, la direction d'un bit détermine dans quelle direction une bille va tomber. Si un bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si un bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Cependant, les bits de Turing Tumble sont un peu plus délicats à maîtriser que les interrupteurs de puces informatiques, car ils changent de direction à chaque fois qu'une bille les traverse.

## Ce que les élèves apprennent sur le jeu :

- La configuration de départ indique également combien de billes doivent commencer en haut. Ce défi oblige les élèves à utiliser uniquement deux billes bleues.

- La position de départ du bit est très importante. Si un bit pointe vers la gauche, la bille tombera vers la droite. Si le bit pointe vers la droite, la bille tombera vers la gauche. Dans ce défi, les élèves choisissent la position de départ du bit du haut. La position de départ des bits 1 à 5 pointe vers la gauche.
- Les billes n'ont pas besoin de passer dans toutes les parties du tableau.

### **Points de blocage possibles :**

- La configuration de départ indique également combien de billes doivent commencer en haut. Ce défi oblige les élèves à utiliser uniquement deux billes bleues.
- Dans ce défi, certaines pièces de la configuration de départ ne seront jamais traversées par les billes.