

Montage n°4 • Un dé électronique

Grand classique des montages électroniques de loisir, le dé électronique présente l'avantage d'être directement utilisable avec plusieurs jeux que nous avons l'habitude de fabriquer en cours de TMA.

Année de programme	7e à 9e
Temps de réalisation	5 périodes
Prix approximatif	Fr. 9.- / Fr. 11.-

Objectifs

- ▶ Préparer une carte de laboratoire (découpe, marquage et coupure des pistes)
- ▶ Plier correctement les ponts et les composants en vue de leur implantation
- ▶ Exercer la soudure au fer à souder

Caractéristiques

Un compteur (IC1 = CD 4018) égrène inlassablement les chiffres de 1 à 6 lorsque le bouton poussoir (Po) est actionné. Au relâchement, le compteur s'arrête et la valeur présente à ses sorties est affichée par les LED.

La maison Velleman propose toute une série de *kits* prêts à monter, dont un dé électronique. Celui-ci coûte Fr. 20.- et est un peu plus élaboré que celui présenté ici (les composants sont plus nombreux et les LED clignotent quelques secondes avant de se figer sur un chiffre). J'ai préféré décrire ici la version plus simple, pour trois raisons principales : il est moins coûteux, il est plus facile à monter et le temps que le dé met pour s'arrêter devient vite agaçant lorsque l'on joue vraiment avec.



Les produits Velleman sont disponibles dans plusieurs magasins, notamment chez Dupertuis Électronique à Lausanne (adresse dans l'annexe C en fin de mémoire).

Matériel nécessaire

- une carte d'expérimentation de 65 x 48 mm (19 bandes sur 25 rangées) *Fr. 0,80*
- 4 résistances 3,3 k Ω 0,25 W (R1 à R4) *Fr. 0,16*
- 1 résistance 10 k Ω 0,25 W (R5) *Fr. 0,04*
- 2 résistances 100 k Ω 0,25 W (R6 et R7) *Fr. 0,08*
- 1 condensateur 10 nF (C1) *Fr. 0,25*
- 1 condensateur 4,7 μ F 16 V (C2) *Fr. 0,25*
- 1 circuit intégré CD 4018 (IC1) *Fr. 0,70*
- 1 circuit intégré CD 4011 (IC2) *Fr. 0,25*
- 2 diodes 1N4148 (D1 et D2) *Fr. 0,22*
- 7 LED \varnothing 5 mm rouges (LD1 à LD7) *Fr. 1,40*
- un socle d'intégré 16 broches *Fr. 0,16*
- un socle d'intégré 14 broches *Fr. 0,16*
- un bouton poussoir (Po) pour Toboggan *Fr. 0,75* ou
- un bouton poussoir (Po) pour boîte bristol *Fr. 1,60*
- un interrupteur à coulisse pour Toboggan *Fr. 0,30* ou
- un mini-interrupteur à coulisse pour boîte bristol *Fr. 1,40*
- un connecteur à pression pour pile 9 V *Fr. 0,80*
- une pile 9 V *Fr. 2,70*
- ~ 200 mm de câble gainé 0,14 mm² rouge
- ~ 200 mm de câble gainé 0,14 mm² noir
- ~ 200 mm de câble gainé 0,14 mm² vert ou blanc
- Fil de soudure

Principe

L'étude de ce schéma avec des élèves très intéressés peut permettre d'aborder l'électronique numérique et les portes logiques. L'électronique numérique, par opposition à l'électronique analogique telle que nous l'avons vue jusqu'à présent, ne va pas vraiment s'intéresser aux variations de tension, mais se contenter de définir si à certains points il y a du courant ou non. Quand du courant est présent, on parlera d'état « haut » (1) et quand il n'y en a pas, on parlera d'état « bas » (0). Cette simplification en 1 et 0 des informations électroniques est à la base du fonctionnement de tout ordinateur. Il permet notamment une conversion aisée de celles-ci en code binaire.

Si la compréhension de circuit en est ainsi singulièrement facilitée, notre esprit logique est en revanche souvent mis à rude épreuve, comme on pourra le constater par la suite.

Le schéma de fonctionnement du dé électronique se divise en plusieurs parties.

1. Le compteur (IC1)

Il s'agit du noyau du montage. Le 4018 est un compteur qui fournit des signaux correspondant aux valeurs de 0 à 10. Ici, nous n'employons que les valeurs de 1 à 6. Il aurait pu être intéressant d'aborder avec les élèves quelques notions de code binaire (en relation par exemple avec les cours de mathématiques). Malheureusement, les informations extraites du compteur ne correspondent pas à la conversion en base 2 de nos chiffres en base 10.



Petit rappel de la conversion en code binaire.

Base 10 :

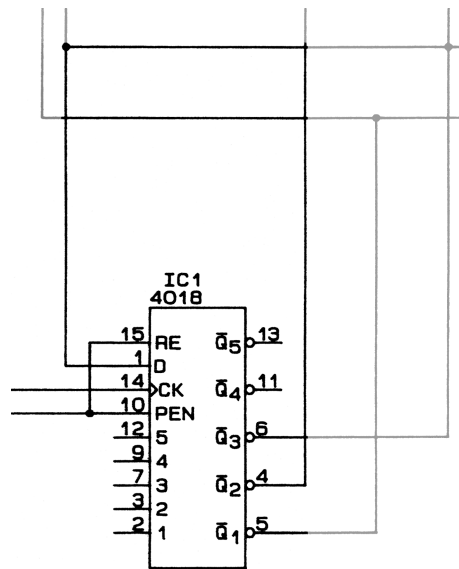
$$0005 = 0 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 = \\ 0 \cdot 1000 + 0 \cdot 100 + 0 \cdot 10 + 5 \cdot 1 = 0 + 0 + 0 + 5 = 5$$

Base 2 :

$$0101 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\ 0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 0 + 4 + 0 + 1 = 5$$

Donc :

0 = 0000	5 = 0101
1 = 0001	6 = 0110
2 = 0010	7 = 0111
3 = 0011	8 = 1000
4 = 0100	9 = 1001



Les sorties Q1, Q2, Q3 fournissent les informations pour les chiffres de 1 à 6 (broches 5, 4 et 6). La broche 6 est reliée à la broche 1 (Data) pour signifier au compteur qu'il n'a pas à compter au delà.

Le changement de valeur est actionné par l'entrée d'horloge (broche 14 – *clock*). À chaque fois qu'une impulsion électrique est donnée sur cette broche, le compteur avance d'un cran.



L'état des sorties pour l'affichage des chiffres sur le dé sont les suivantes :

	Q1	Q2	Q3
1	0	0	0
2	0	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	1	1	0
6	1	1	1

Ces valeurs ne sont pas la conversion en binaire des chiffres en base 10 !

2. L'oscillateur

La tâche de l'oscillateur est de générer le signal d'horloge qui vient sur la broche 14 du 4018. Il est composé par deux portes logiques NAND.

Les portes logiques sont des éléments qui sont chargés d'effectuer des opérations d'arithmétique booléenne. Ils sont constitués de deux entrées (éléments de l'opération) et d'une sortie (résultat du calcul). Prenons le cas de la porte AND (ET).

Si les états d'entrée sont une fois haut et une fois bas, le résultat est un état haut. Les résultats obtenus en fonction des différentes possibilités aux entrées sont résumés dans une *table de vérité*.

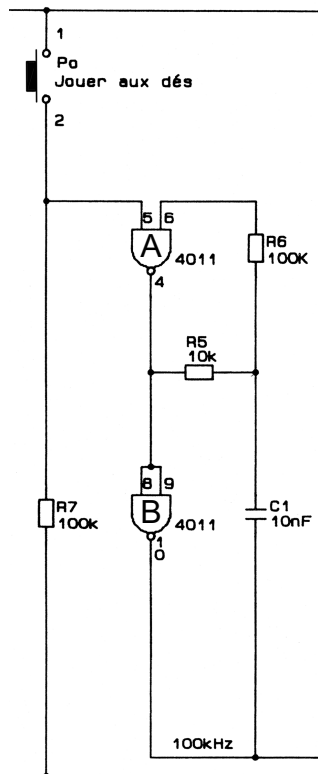


La porte NAND (NON-ET), quant à elle, inverse le résultat de la porte AND.

La table de vérité de ces deux portes est la suivante :

		Porte AND	Porte NAND
Entrée 1	Entrée 2	Sortie	Sortie
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Fonctionnement de l'oscillateur :



À l'allumage, les entrées de la porte NAND A sont à 0 (broche 5) et 0 (broche 6). Sa sortie est donc à l'état 1, de même que les entrées couplées de NAND B dont la sortie est à l'état 0. Les conditions sont remplies pour que C1 se charge à travers R5.

Quand C1 est chargé, la broche 6 passe à 1 (ce qui ne change rien pour l'instant) et la situation se bloque dans cette configuration.

Lorsque le joueur presse sur le bouton, il met la broche 5 à l'état 1. La sortie de NAND A passe à 0, de même que celle de NAND B et C1 se décharge. La broche 6 repasse alors à 0 et la sortie de NAND A revient à 1, ainsi que celle de NAND B. C1 se recharge et ainsi de suite jusqu'à ce que le joueur arrête de presser. L'oscillateur revient alors à sa position initiale.



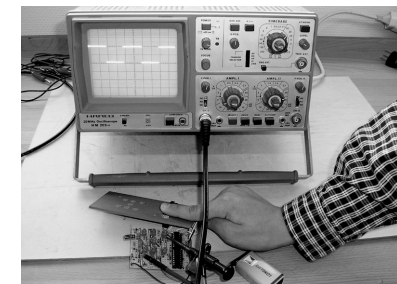
Le CI 4018 contient quatre portes NAND. Deux sont utilisées pour l'oscillateur et une pour le dé. La quatrième n'est pas mise à contribution.



Un autre type d'oscillateur, fondé cette fois sur un LM 555, est présenté aux pages 54 et 55 (flip-flop).



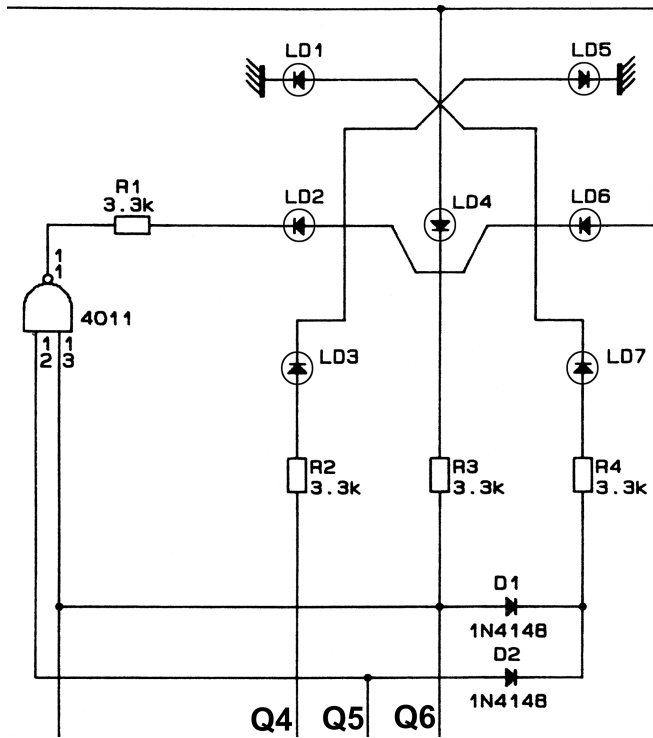
L'oscilloscope permet de visualiser le signal d'horloge et de le montrer aux élèves.



La fréquence d'oscillation est de 100 kHz. Ce qui signifie que la sortie de NAND B change 100'000 fois d'état en une seconde. Même une très courte pression du joueur entraîne donc un nombre considérable de variations du dé.

3. Le dé

Il faut remarquer dès le départ que certaines LED sont soudées en série. Elles fonctionnent donc toujours ensemble. C'est le cas de LD1 et LD7, LD2 et LD6, LD3 et LD5.



Pour que LD1 s'allume, il faut que la broche 6 du 4018 soit dans l'état 0.

Pour que LD1 et LD7 s'allument, les broches 6 ou 5 doivent être dans l'état 1.

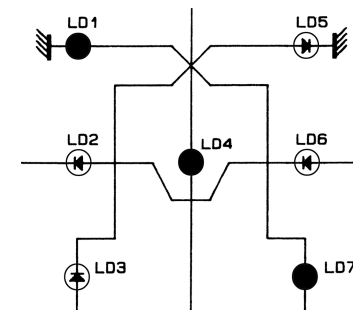
Pour que LD3 et LD5 s'allument, il faut que la broche 4 soit dans l'état 1.

Pour que LD2 et LD6 s'allument, il faut que les broches 6 et 5 soit dans l'état 0.

Les sorties Q1, Q2 et Q3 remplissent ces conditions pour allumer correctement les LED du dé.



Par exemple, les états $Q1 = 1$, $Q2 = 0$ et $Q3 = 0$ allument LD1 et LD7, LD4, mais pas LD3 et LD5, ni LD2 et LD6.



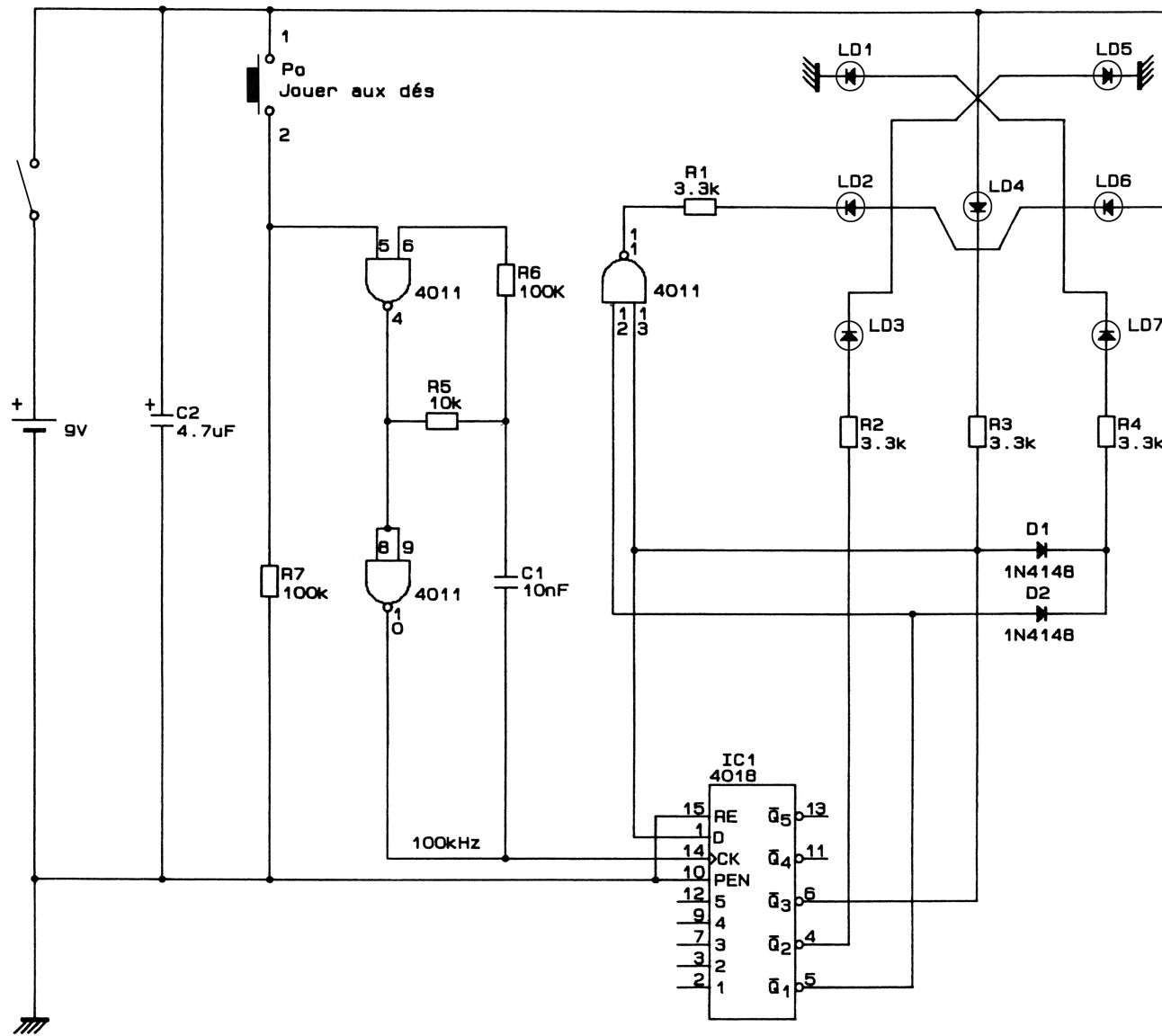


Schéma complet du dé électronique

Réalisation

Remarque préliminaire : le circuit, tel qu'il est présenté, ici est le même pour les deux propositions de boîtier décrites plus loin. Quelques petites différences apparaissent néanmoins. Elles sont clairement mises en évidence dans la marche à suivre ci-dessous.

Marche à suivre

1. Scier une carte de laboratoire aux dimensions 65 x 48 mm (19 bandes sur 25 rangées de trous).
2. Poncer les côtés.
3. Marquer et percer les coupures de bandes selon le plan. Si le circuit est destiné au jeu Toboggan (p. 93), percer les trous de Ø 3 mm dans les coins, comme indiqué sur le plan.
4. Selon le plan d'implantation, souder d'abord les ponts, puis les résistances et les diodes D1 et D2. Attention au sens des diodes.
5. Souder les condensateurs. Afin que C2 prennent moins de place en hauteur, courber ses « pattes » à 90° avant de le souder sur la carte. Attention à la polarité de C2.
6. Souder les socles de circuits intégrés.
7. Souder les LED. Si l'on prévoit de réaliser le montage avec le boîtier en bristol (page 90), laisser 7 mm entre le fond des LED et la carte. En revanche, pour le jeu Toboggan, laisser 10 mm.
- 8a. Si l'on réalise le circuit pour le jeu Toboggan, câbler le connecteur de pile et l'interrupteur ensemble (câble rouge pour le + et noir pour le -) et souder les câbles sur le circuit. Souder ensuite les câbles (verts ou blancs) entre le bouton poussoir et le circuit.



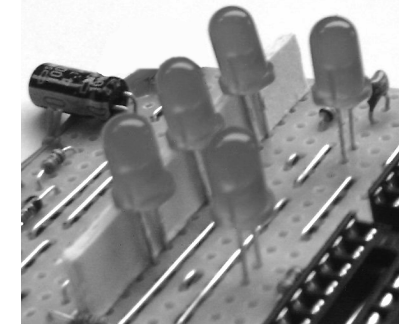
Les dimensions de la carte nécessaire à la réalisation du dé correspond à une demi plaque entière. La petite partie de carte que l'on doit enlever en plus peut parfaitement servir à l'élève pour s'exercer à la soudure.



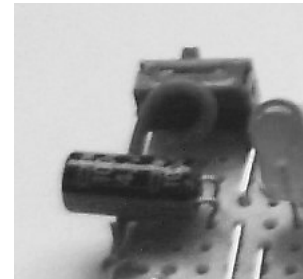
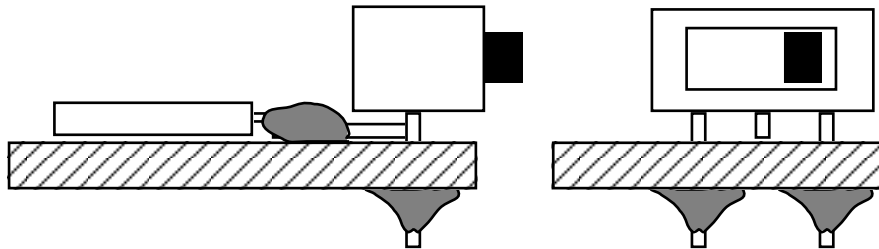
Coupure de bandes, explications illustrées p. 37.
Implantation des ponts et des composants pp. 37 à 39.
Souder un circuit intégré (ou son support) p. 40.



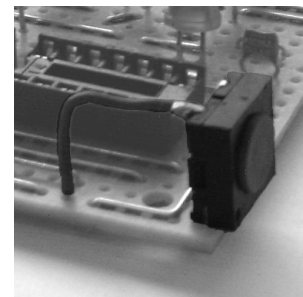
Pour que la hauteur des LED soit régulière, préparer une courte bande de carton-bois à la largeur voulue (7 ou 10 mm) et la glisser entre la carte et les LED avant de les souder.



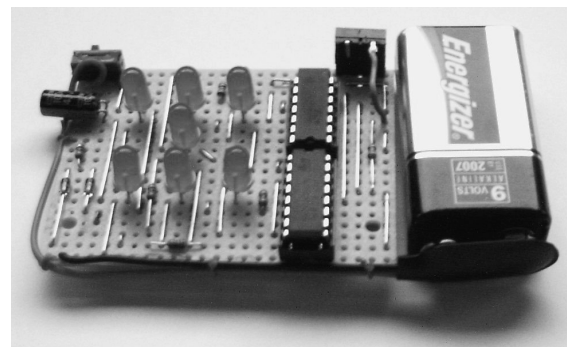
8b. Si l'on réalise le circuit pour l'emballage en bristol, souder sur la carte le mini-interrupteur à coulisse. Avant de le souder, recourber la broche médiane vers l'intérieur. Souder sur la broche médiane le câble rouge du connecteur de pile, puis souder sur la carte les deux broches extérieures du mini-interrupteur.



Souder sur la carte le bouton poussoir (courber les broches et mettre le bouton sur le côté). Souder ensuite un petit bout de câble entre le bouton poussoir et la carte selon le plan.



9. Implanter les circuits intégrés dans leur socle (attention au sens), mettre la pile et tester le montage. Ci-contre, circuit destiné au boîtier en bristol.

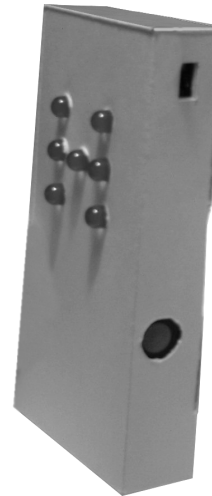


Application n°4.1 • Un boîtier rudimentaire en bristol

Lorsque l'on réalise un montage électronique, on ne souhaite pas forcément passer trop de temps sur un boîtier très élaboré. Celui-ci, en bristol plié, est assez vite fait et constitue un bon exercice de mesure et de traçage.

Il présente en outre l'avantage de pouvoir être refait à moindre frais s'il venait à être trop usé.

Année de programme	7e - 8e
Temps de réalisation	3-4 périodes
Prix approximatif	Fr. 0.-



Objectifs

- ▶ Approfondir la technique de découpe du papier cartonné
- ▶ Lire un plan, tracer avec précision

Matériel nécessaire

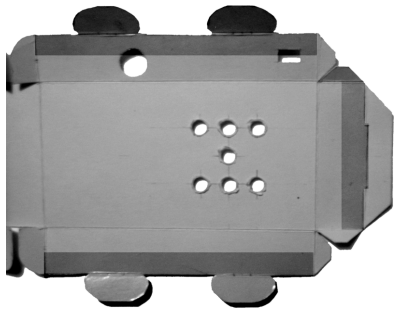
- un rectangle de bristol de 251 x 107 mm
- une chute de carton-bois de 2 mm d'épaisseur
- de la bande adhésive transparente

Réalisation

Le plan complet de traçage de cette pièce de bristol étant assez chargé, une progression en trois étapes à destination des élèves est disponible dans l'annexe A.

Mache à suivre

1. Tracer et découper la pièce de bristol selon le plan. Estamper les trous pour les LED à un diamètre de 4 mm.



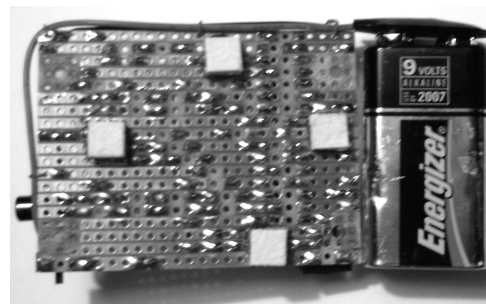
2. Passer les plis au plioir et bien marquer les plis.

3. Renforcer les onglets et les fentes de fixation à l'aide de ruban adhésif.

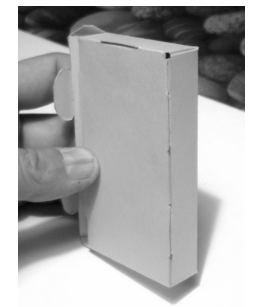
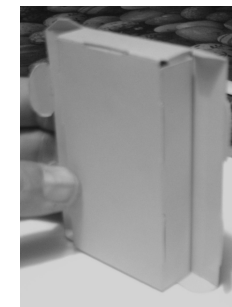
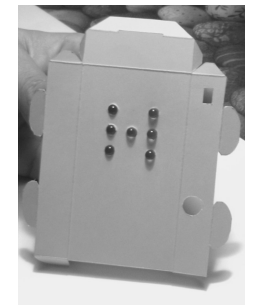
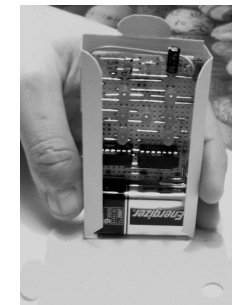
4. Coller sur le dessous du circuit (côté pistes) quatre petites cales de 4 mm d'épaisseur (deux couches de carton-bois collé).

5. Placer les LED dans les perforations du bristol, encoller le dessous des cales et rabattre le fond du boîtier sur le circuit. Laisser sécher.

6. Plier la boîte.



Suggestion pour le pliage de la boîte



Pour faciliter le passage des LED dans le bristol, enfoncer au préalable une LED dans les perforations depuis l'extérieur du boîtier.

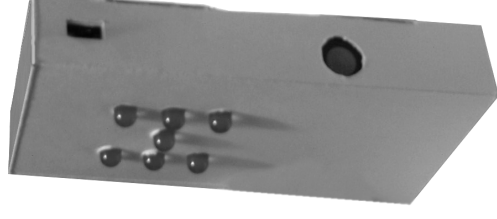
Liste de prix indicatifs des principaux éléments composant le dé électronique.

Dénomination	Type, dimensions	Fournisseur, lieu d'achat	Référence, n° de commande	Nombre de pièces achetées	Prix unitaire	Commentaire, quantité réellement nécessaire
Bristol		Fournitures scolaires				260 x 110 mm
Résistance 3,3 k Ω 0,25 W	Couche de carbone	Distrelec	70 00 31	100+	0.04	4 pièces
Résistance 10 k Ω 0,25 W	Couche de carbone	Distrelec	70 00 37	100+	0.04	1 pièce
Résistance 100 k Ω 0,25 W	Couche de carbone	Distrelec	70 00 49	100+	0.04	2 pièces
Condensateur 10 nF 50 V	céramique	Distrelec	83 02 98	50+	0.25	1 pièce
Condensateur 4,7 μ F 16 V	Électrolytique	Distrelec	80 23 23	50+	0.25	1 pièce
Circuit intégré CD 4018	DIL-16	Distrelec	64 79 54	25+	0.70	1 pièce
Circuit intégré CD 4011	DIL-14	Distrelec	64 79 37	25+	0.25	1 pièce
Diode 1N4148	DO-35	Distrelec	60 30 16	25+	0.11	2 pièces
LED \varnothing 5 mm	Rouge	Distrelec	25 46 12	50+	0.20	7 pièces
Socle d'intégré 16 broches	Dual-in-Line	Distrelec	65 19 26	25+	0.16	1 pièce
Socle d'intégré 14 broches	Dual-in-Line	Distrelec	65 19 25	25+	0.16	1 pièce
Bouton poussoir (boîtier bristol)	JB-15FP	Distrelec	20 15 52	50+	1.60	1 pièce
Mini-interrupteur à coulisse	Levier sur le côté	Distrelec	20 01 82	50+	1.40	1 pièce

Un dé électronique

Montage du dé électronique

1. Scier une carte de laboratoire aux dimensions 65 x 48 mm (19 bandes sur 25 rangées de trous).
2. Poncer les côtés.
3. Marquer et percer les coupures de bandes selon le plan.
4. Selon le plan d'implantation, souder d'abord les ponts, puis les résistances et les diodes D1 et D2. Attention au sens des diodes.
5. Souder les condensateurs. Attention à la polarité de C2.
6. Souder les socles de circuits intégrés.
7. Souder les LED. Laisser 7 mm entre le fond des LED et la carte.
8. Souder sur la carte le mini-interrupteur à coulisse. Câbler le connecteur de pile à broche médiane de l'interrupteur et sur le circuit.
9. Souder sur la carte le bouton poussoir. Câbler.
10. Implanter les circuits intégrés dans leur socle (attention au sens), mettre la pile et tester le montage.

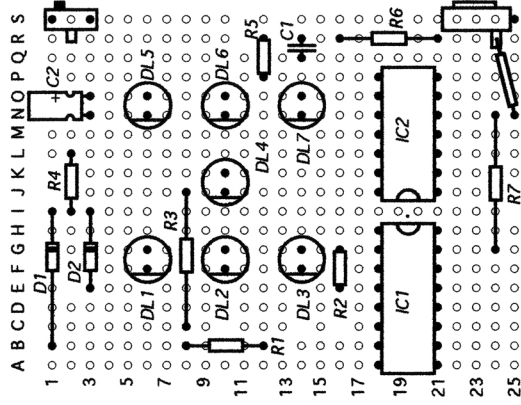
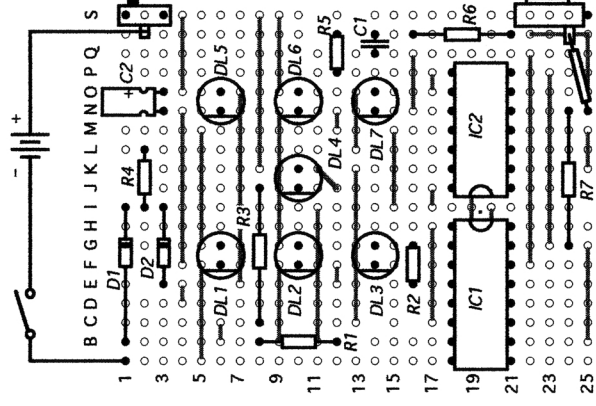
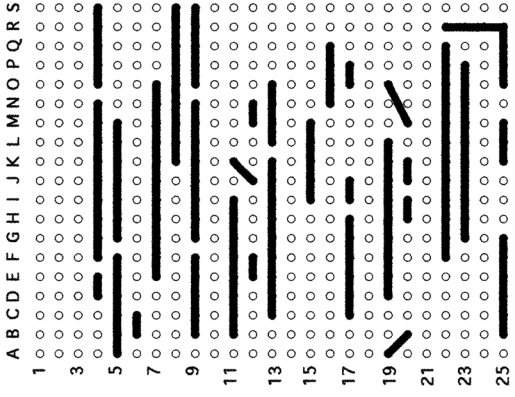
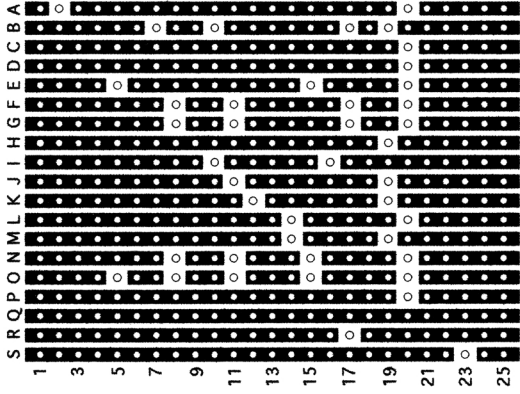


Fabrication du boîtier

1. Tracer et découper la pièce de bristol selon le plan en trois étapes. Estamper les trous pour les LED à un diamètre de 4 mm.
2. Passer les plis au plioir et bien marquer les plis.
3. Renforcer les onglets et les fentes de fixation à l'aide de ruban adhésif.
4. Coller sur le dessous du circuit (côté pistes) quatre petites cales de 4 mm d'épaisseur.
5. Placer les LED dans les perforations du bristol, encoller le dessous des cales et rabattre le fond du boîtier sur le circuit. Laisser sécher.
6. Plier la boîte.

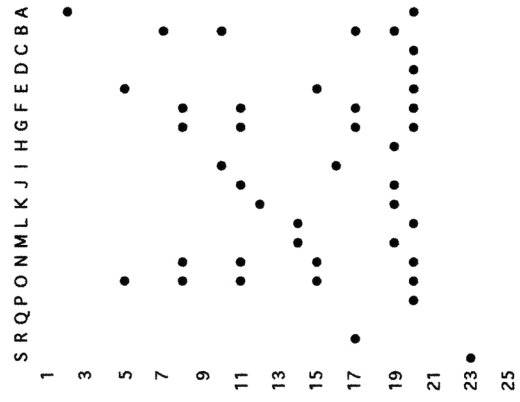
Circuit du dé électronique

Plan des coupures des pistes et plans d'implantation des ponts et des composants
Échelle 1:1

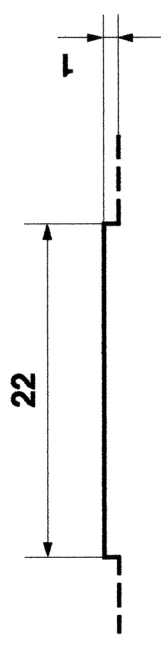
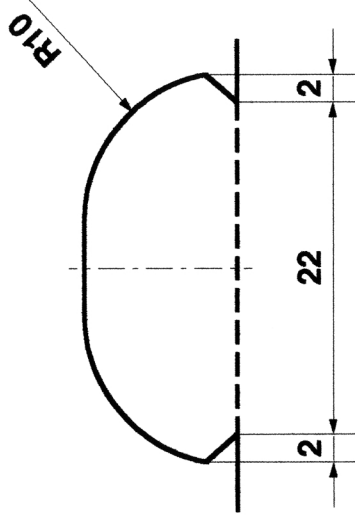
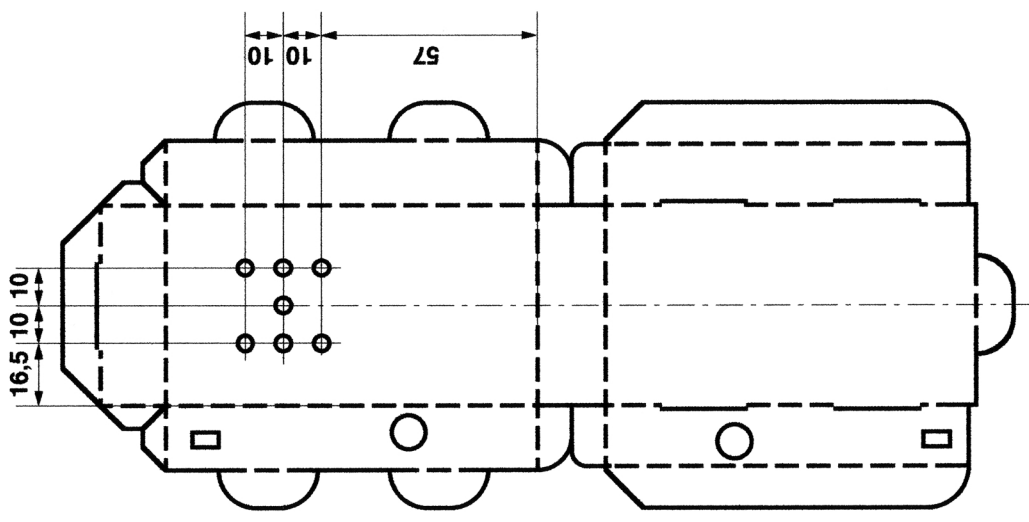
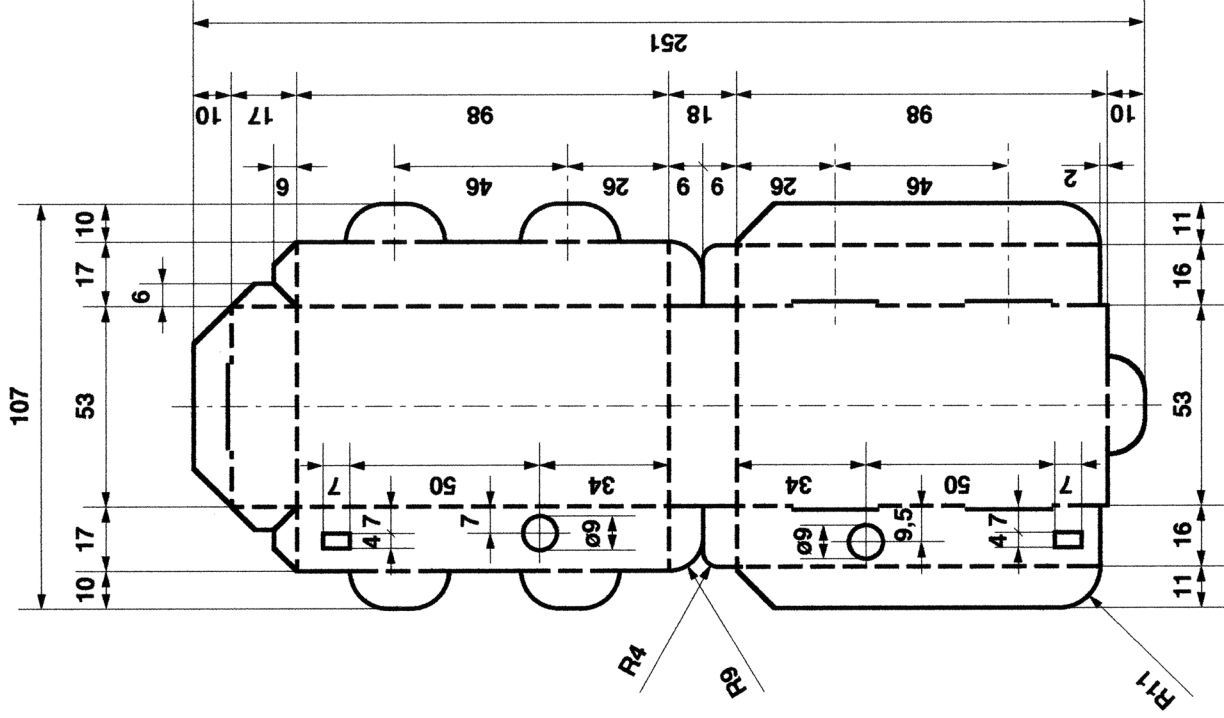


Corrigés (à mettre sur transparent)

Corrigé coupure des pistes du dé électronique



Boîtier en bristol pour un dé électronique
Échelle 1:2



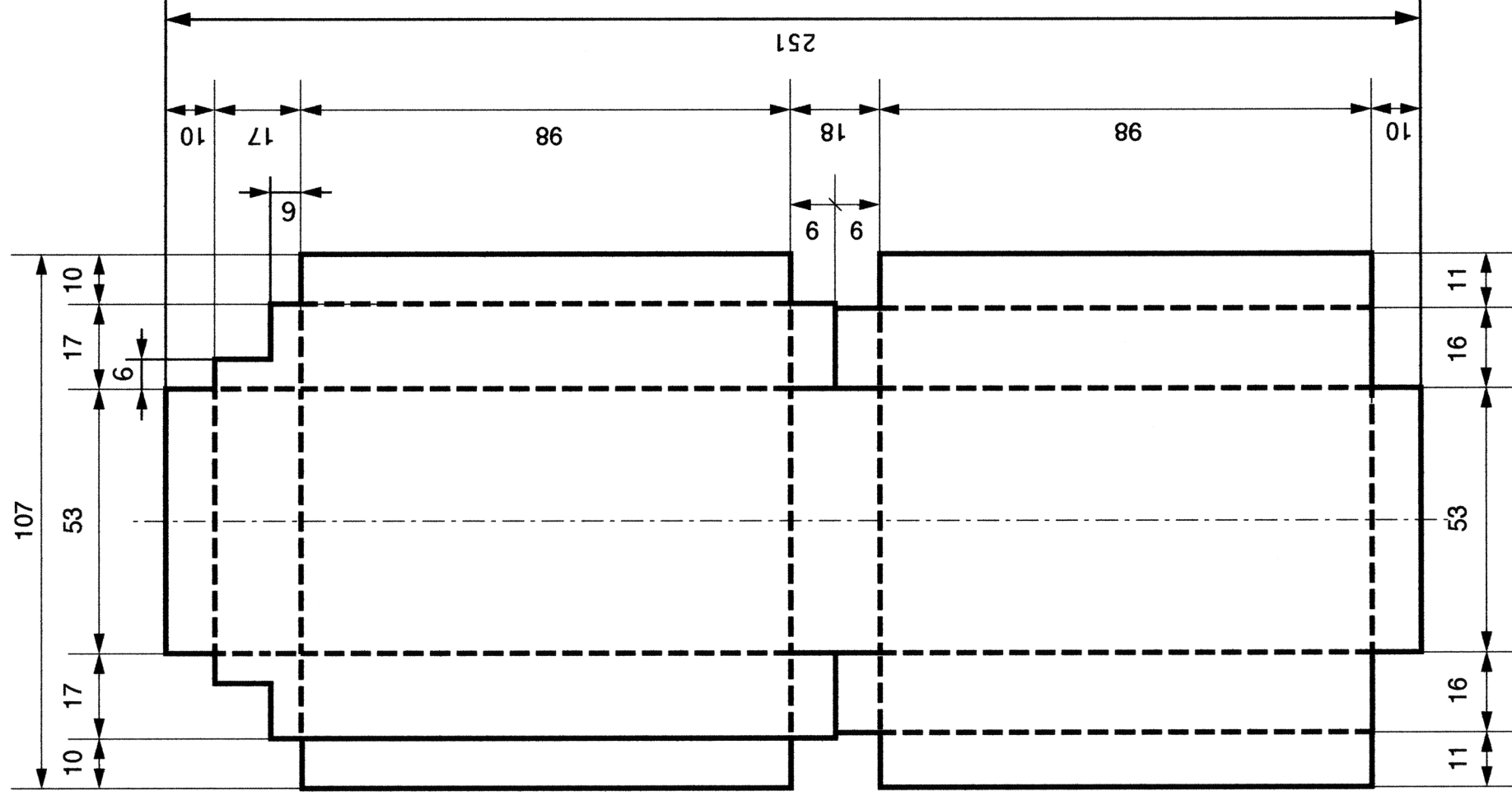
Agrandissement onglet de fixation

Agrandissement fente de fixation

**Boîtier en bristol pour
un dé électronique**

Étape 1

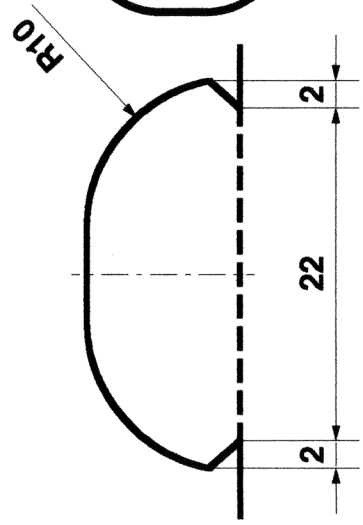
Échelle : réduction de 80 %



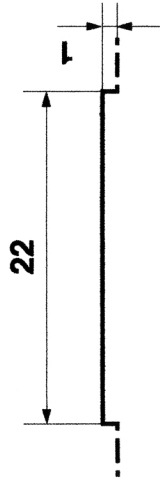
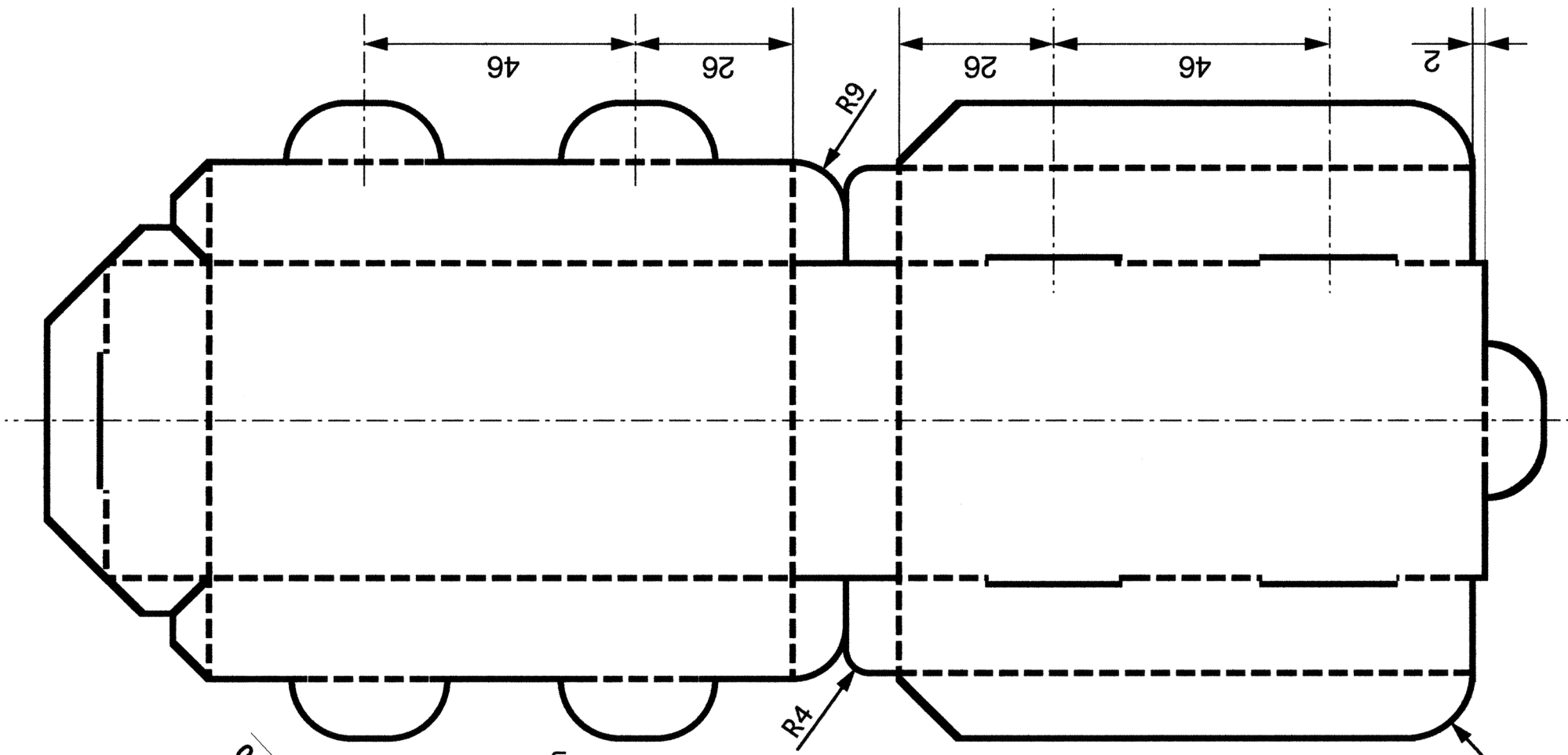
**Boîtier en bristol pour
un dé électronique**

Étape 2

Échelle 1:1



Agrandissement onglet de fixation



Agrandissement fente de fixation

**Boîtier en bristol pour
un dé électronique**

Étape 3

Échelle 1:1

