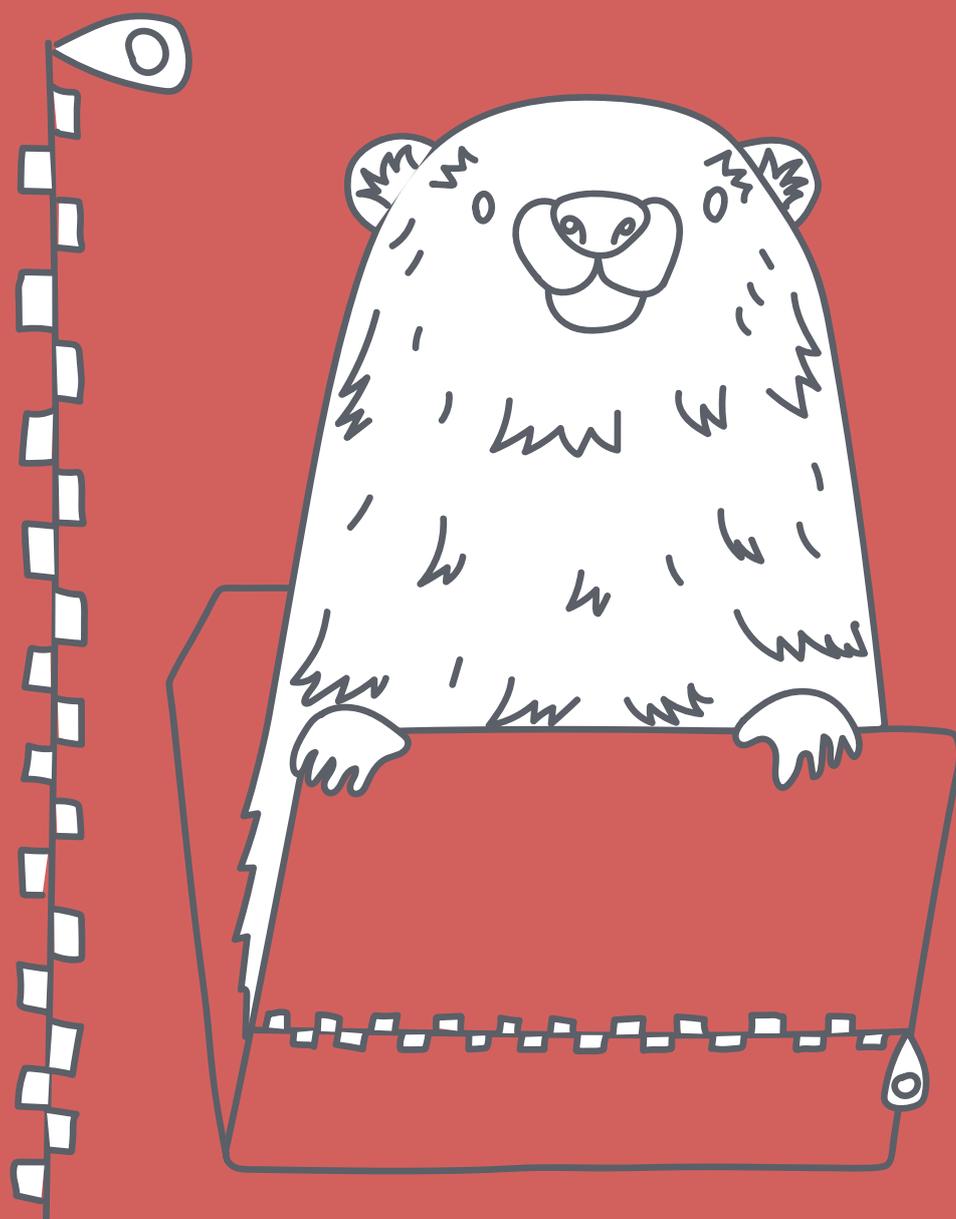


ZIP LA MARMOTTE





PLAN D'ÉTUDES ROMAND

EN 22 — S'approprier les concepts de base de la science informatique...

2 ... en encodant, décodant et en transformant des données

Information et données

Découverte des principes de la compression avec ou sans perte de qualité

Liens disciplinaires

MSN 22 – Nombres ; MSN 25 – Modélisation



INTENTIONS PÉDAGOGIQUES

Cette activité a pour objectif de faire comprendre aux élèves la notion de compression de données utilisée pour certains fichiers comme du texte, des images, des vidéos ou des sons. On pense en particulier à la compression JPEG pour les images, MPEG pour les vidéos et MP3 pour le son, qui peuvent retirer les éléments superflus imperceptibles pour les humains.

L'algorithme travaillé est celui de David Albert Huffman, publié en 1952, dont le principe repose

sur la création d'une structure d'arbre composée de nœuds (qui ressemble à un terrier de marmottes). Le code de Huffman crée un arbre ordonné à partir de tous les symboles et de leur fréquence d'apparition. Le but de la compression est de trouver un codage qui soit le plus court possible et qui soit facile à coder et à décoder.

L'activité des marmottes au sommeil léger propose une activité en informatique débranchée qui permet de comprendre cette notion de compression de manière ludique et expérimentale.



DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ

L'activité consiste à trouver le meilleur terrier possible afin que les marmottes parcourent la distance la plus courte jusqu'à la sortie du terrier pendant leur hibernation.

L'activité commence par une histoire racontée aux élèves pour présenter les règles du jeu.

Zip la marmotte va devoir construire un terrier pour sa famille avec des contraintes qui sont expliquées dans les règles du jeu.

Le mot zip signifie en informatique un format de compression de fichier, c'est pourquoi, il a été choisi comme prénom pour la marmotte.

Le terrier des marmottes représente un arbre informatique de compression utilisé par Huffman :

- la sortie du terrier ;
- un embranchement avec deux couloirs ;
- la chambre où va dormir la marmotte.

L'activité est composée de trois séances de 45 minutes.

Cette activité est adaptée du jeu des marmottes au sommeil léger de Marie Duflot Kremer, maître de conférences chez Université de Lorraine, LORIA & Inria Nancy Grand Est et d'une activité de l'IREM de Grenoble [78-A1-01](#).



POURQUOI COMPRESSER UN FICHIER ?

La compression de fichiers permet de diminuer leur taille et ainsi gagner de l'espace de stockage (à l'emplacement où le fichier est enregistré ; sur un disque dur, un serveur, etc.). Mais ce n'est pas le seul bénéfice réalisé : il existe également un gain de consommation énergétique (principalement en électricité).

Séance 1 - Découverte

	MODALITÉS	En collectif, en individuel, en groupes de 2-3 élèves
	MATÉRIEL	Par groupes : <ul style="list-style-type: none"> • Fiche 1 : jeu de Zip la marmotte • Fiche 2 : construction du terrier
	DURÉE	45 minutes



TEMPS 1.1

DÉCOUVERTE DE L'ACTIVITÉ

10 minutes

Distribuer la [Fiche 1](#).



« Nous allons jouer au jeu de Zip la marmotte. Zip cherche à construire le meilleur terrier pour sa famille. Ce terrier doit permettre à l'ensemble des marmottes de parcourir la distance la plus courte possible jusqu'à la sortie pendant l'hiver, sans déranger les autres. Mais les marmottes ont le sommeil léger et elles se réveillent facilement. Pendant la période d'hibernation, elles s'éveillent plusieurs fois et peuvent déranger les autres marmottes. Il est donc important que Zip parcoure la distance la plus courte possible pour ne pas réveiller les membres de sa famille. Vous allez commencer par lire les règles du jeu. »

Pendant la lecture de la consigne, on s'appuie sur l'exemple de terrier de la Fiche 1 pour illustrer le propos en expliquant le vocabulaire choisi (terrier, embranchement, couloir, chambre).

Les élèves lisent individuellement les règles du jeu de la Fiche 1, ensuite on fait une mise en commun pour s'assurer de la bonne compréhension.



TEMPS 1.2

DISTRIBUTION DU MATÉRIEL ET EXPÉRIMENTATION

25 minutes

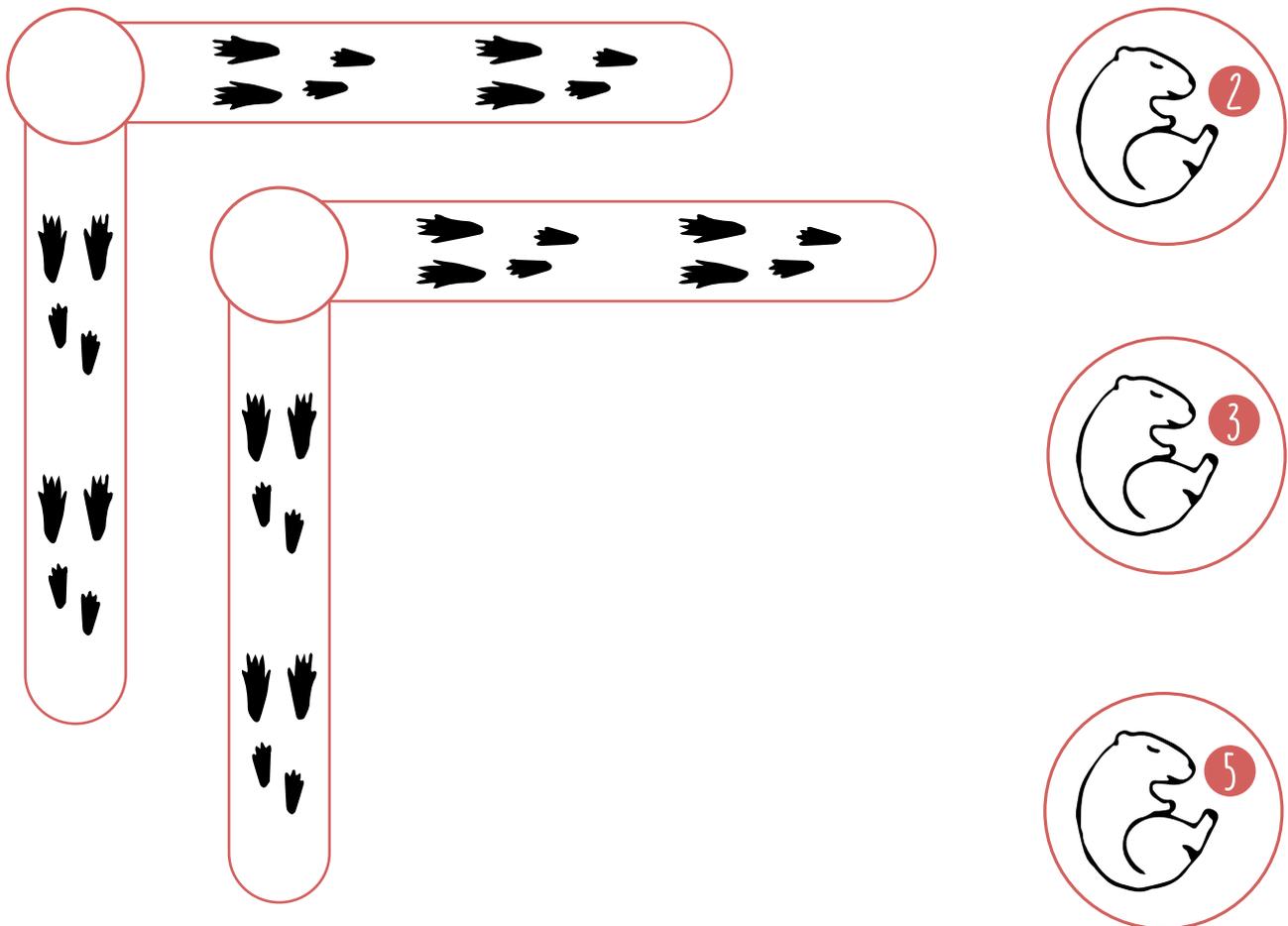


« Je vous distribue le matériel et à vous de trouver le meilleur terrier pour les marmottes, c'est-à-dire le terrier où il y a le moins de déplacements jusqu'à la sortie pour l'ensemble de la famille. On ne compte que le déplacement vers la sortie et non le retour. »

Distribuer la [Fiche 2](#).

On peut plastifier les galeries et les marmottes pour une meilleure durabilité du matériel et une facilité d'utilisation.

On propose une situation simple pour la première partie avec 3 marmottes et 2 embranchements :



Le chiffre à côté de la marmotte indique le nombre de fois où elle se réveille durant l'hiver.

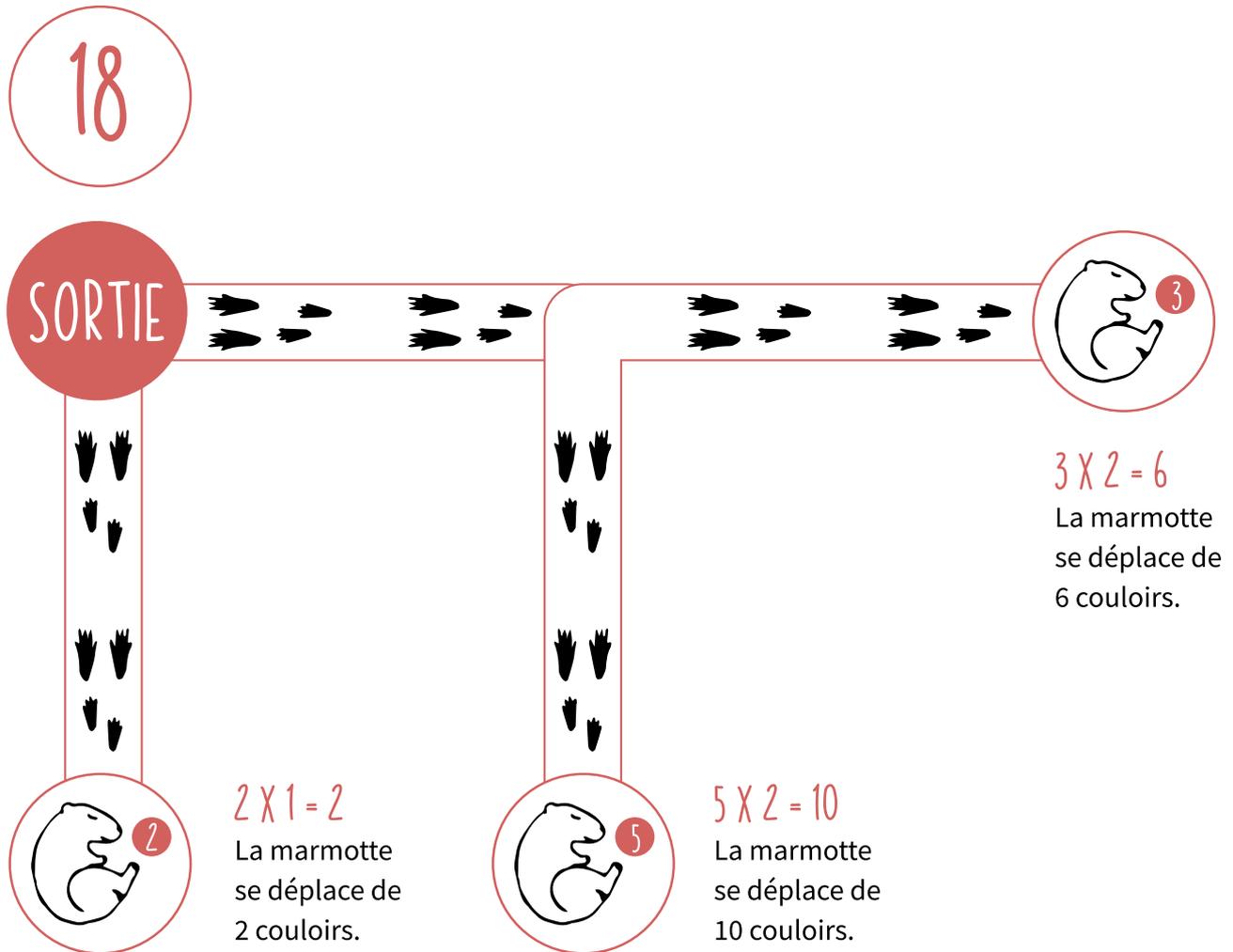
L'embranchement peut également être la sortie du terrier. Sur la Fiche 2, il y a un jeton « Sortie » que vous pouvez insérer. Sortie et Embranchement se retrouvent alors superposés.

Les élèves par groupes, manipulent, réfléchissent, discutent, argumentent pour trouver le terrier parfait pendant une vingtaine de minutes.

Les élèves font des calculs (additions, multiplications) afin de trouver le terrier qui produit le moins de déplacements.

Calcul : une marmotte dormant à 2 couloirs de la sortie et se réveillant 5 fois dans l'hiver va parcourir $2 \times 5 = 10$ couloirs pour sortir du terrier.

Voici un exemple de terrier de marmottes avec deux embranchements :



La marmotte avec l'étiquette 2 se déplace d'1 couloir et se réveille 2 fois pendant l'hiver, donc elle se meut de 2 couloirs (1 couloir x 2 réveils dans l'hiver = 2 déplacements pour sortir du terrier).

La marmotte avec l'étiquette 5 se déplace de 2 couloirs et se réveille 5 fois pendant l'hiver, donc elle se meut de 10 couloirs (2 couloirs x 5 réveils dans l'hiver = 10 déplacements pour sortir du terrier).

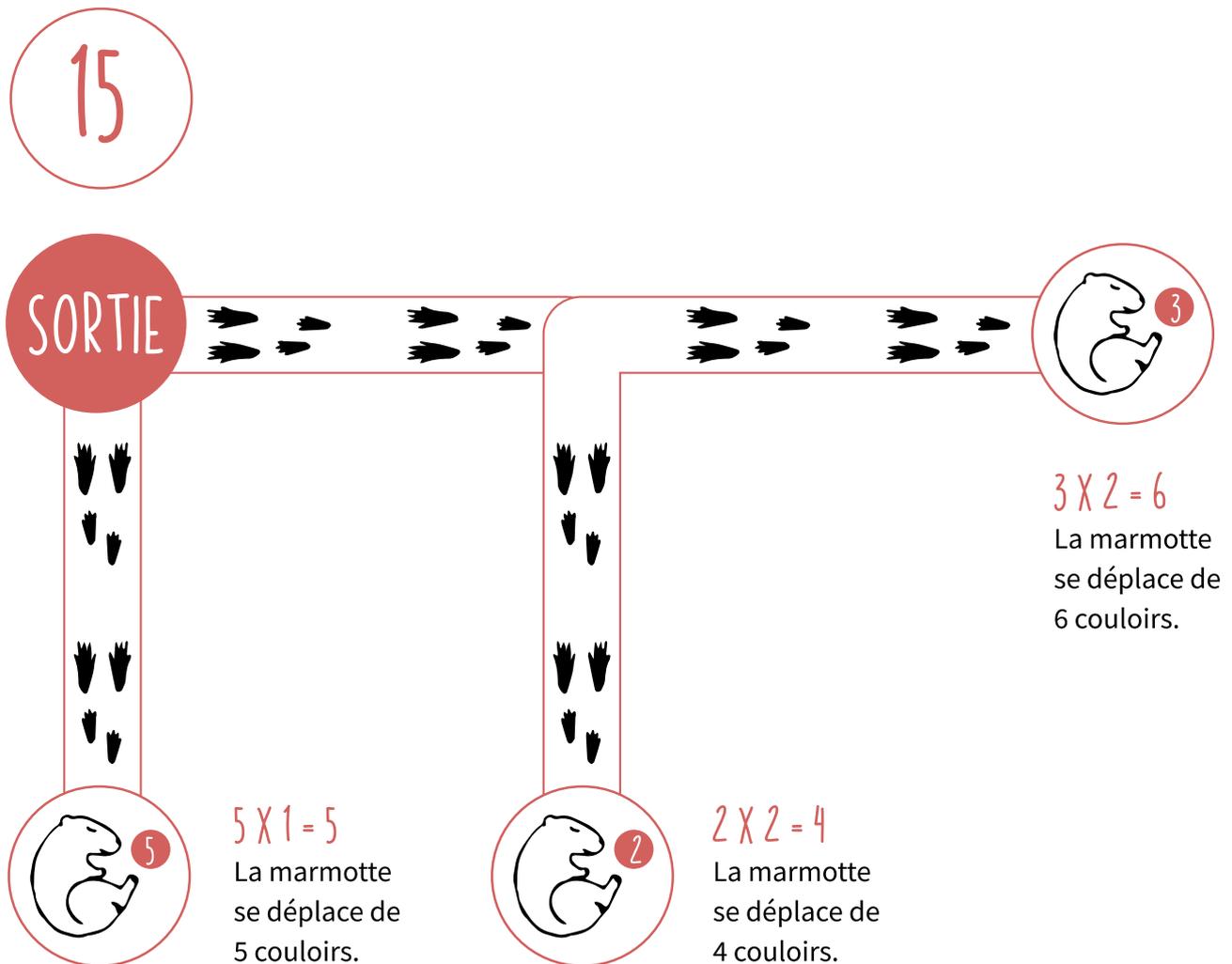
La marmotte avec l'étiquette 3 se déplace de 2 couloirs et se réveille 3 fois pendant l'hiver, donc elle se meut de 6 couloirs (2 couloirs x 3 réveils dans l'hiver = 6 déplacements pour sortir du terrier).

Les marmottes vont ainsi se déplacer de $2 + 10 + 6 = 18$ couloirs pendant tout l'hiver.

Existe-t-il un terrier qui permet d'économiser les déplacements des marmottes ?

En modifiant l'endroit où dorment les marmottes, on modifie le nombre total de déplacements.

Voici un autre exemple de terrier de marmottes :



Le total des déplacements des marmottes équivaut à $5 + 4 + 6 = 15$ déplacements.



TEMPS 1.3

MISE EN COMMUN

10 minutes



« Nous allons maintenant comparer les différents terriers que vous avez trouvés et discuter de vos différentes propositions. »

On fait une mise en commun avec la présentation des différents terriers.

Une première stratégie apparaît : plus la marmotte va se lever souvent, plus il faut qu'elle soit proche de la sortie du terrier.

Concernant l'exemple, le terrier avec 15 déplacements est celui qui permet le moins de déplacements de marmottes pendant l'hiver et c'est donc la meilleure solution.

Séance 2 - Approfondissement

	MODALITÉ	En groupes de 2-3 élèves
	MATÉRIEL	<ul style="list-style-type: none">Fiche 2 : construction du terrier (par groupes)
	DURÉE	45 minutes

La famille de marmottes s'agrandit et les élèves vont jouer avec un plus grand nombre de rongeurs et de couloirs, la situation se complexifie. Les élèves verbalisent et écrivent la stratégie (l'algorithme) qui permet aux marmottes de faire le moins de déplacements possibles.



TEMPS 2.1

UNE SITUATION AVEC 5 MARMOTTES ET 4 COULOIRS

20 minutes



« Nous allons recommencer le jeu des marmottes mais cette fois-ci, il y aura cinq marmottes et quatre couloirs. Le terrier sera donc plus grand. »

MARMOTTE 1 : se réveille 2 fois

MARMOTTE 2 : se réveille 3 fois

MARMOTTE 3 : se réveille 5 fois

MARMOTTE 4 : se réveille 7 fois

MARMOTTE 5 : se réveille 8 fois

L'algorithme trouvé lors de la séance 1 énonce que plus une marmotte va se lever souvent, plus il faut qu'elle soit proche de la sortie du terrier. On place ainsi la marmotte qui se réveille 8 fois, le plus proche de l'entrée.

Le travail consiste désormais à créer un terrier (en modifiant la structure des couloirs et des embranchements) le meilleur possible, c'est-à-dire qui permet aux marmottes de faire le moins de déplacements possibles.

59

SORTIE



$$8 \times 1 = 8$$

La marmotte se déplace de 8 couloirs.



$$5 \times 3 = 15$$

La marmotte se déplace de 15 couloirs.



$$3 \times 3 = 9$$

La marmotte se déplace de 9 couloirs.



$$7 \times 3 = 21$$

La marmotte se déplace de 21 couloirs.



$$2 \times 3 = 6$$

La marmotte se déplace de 6 couloirs.

Déplacements :

$$21 + 6 + 9 + 15 + 8 = 59.$$

L'ensemble des marmottes se déplace de 59 couloirs.

Un premier algorithme que les élèves vont probablement trouver après avoir testé plusieurs terriers possibles : mettre au plus proche de la sortie, celles qui se déplacent le plus.



TEMPS 2.2

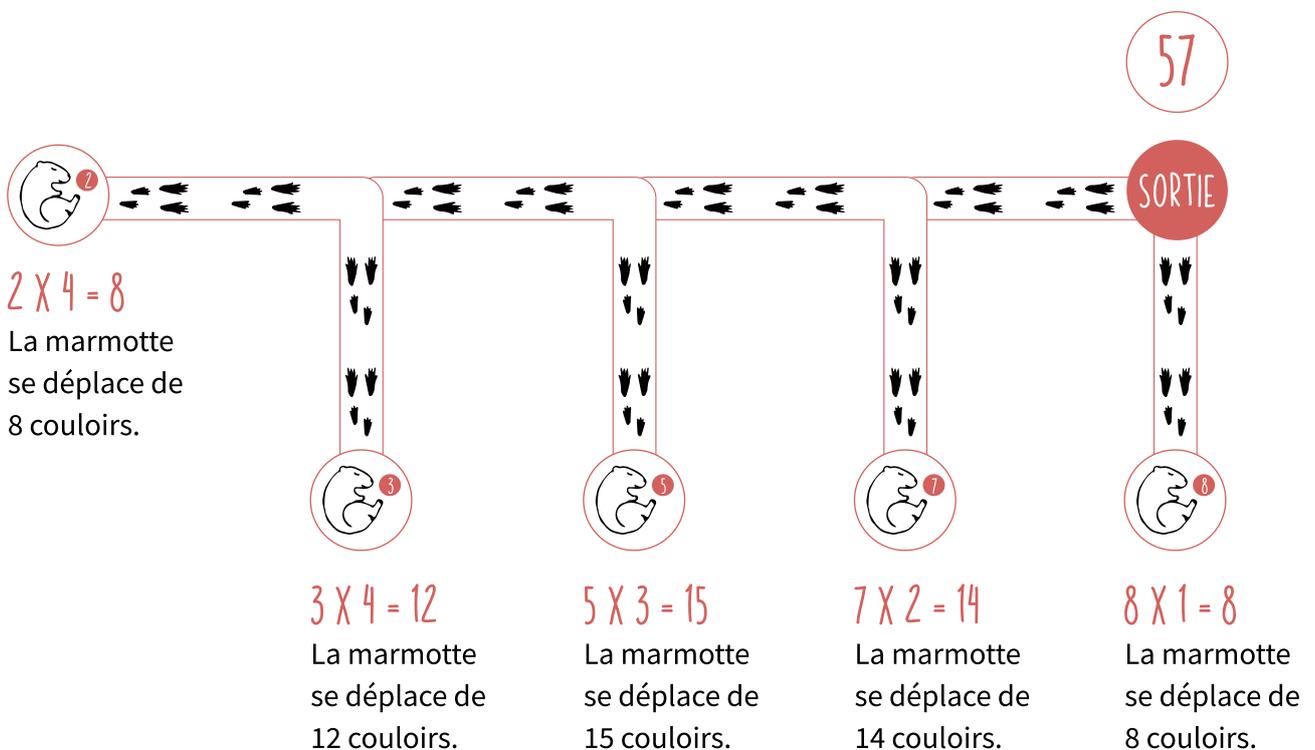
PEUT-ON TROUVER UN AUTRE ALGORITHME QUI
ÉCONOMISE LE NOMBRE DE DÉPLACEMENTS EN
UTILISANT UNE STRATÉGIE DIFFÉRENTE ?

5 minutes

Les élèves vont essayer d'autres dispositions de couloirs et de marmottes dans le terrier.

Ils vont ainsi expérimenter de nombreux terriers et calculer le nombre total de déplacements des marmottes.

Voici un autre exemple de terrier en suivant l'algorithme « Mettre au plus proche de la sortie, celles qui se déplacent le plus. »



Déplacements : $(2 \times 4) + (3 \times 4) + (5 \times 3) + (7 \times 2) + (8 \times 1) = 57$ ou encore $8 + 12 + 15 + 14 + 8 = 57$.

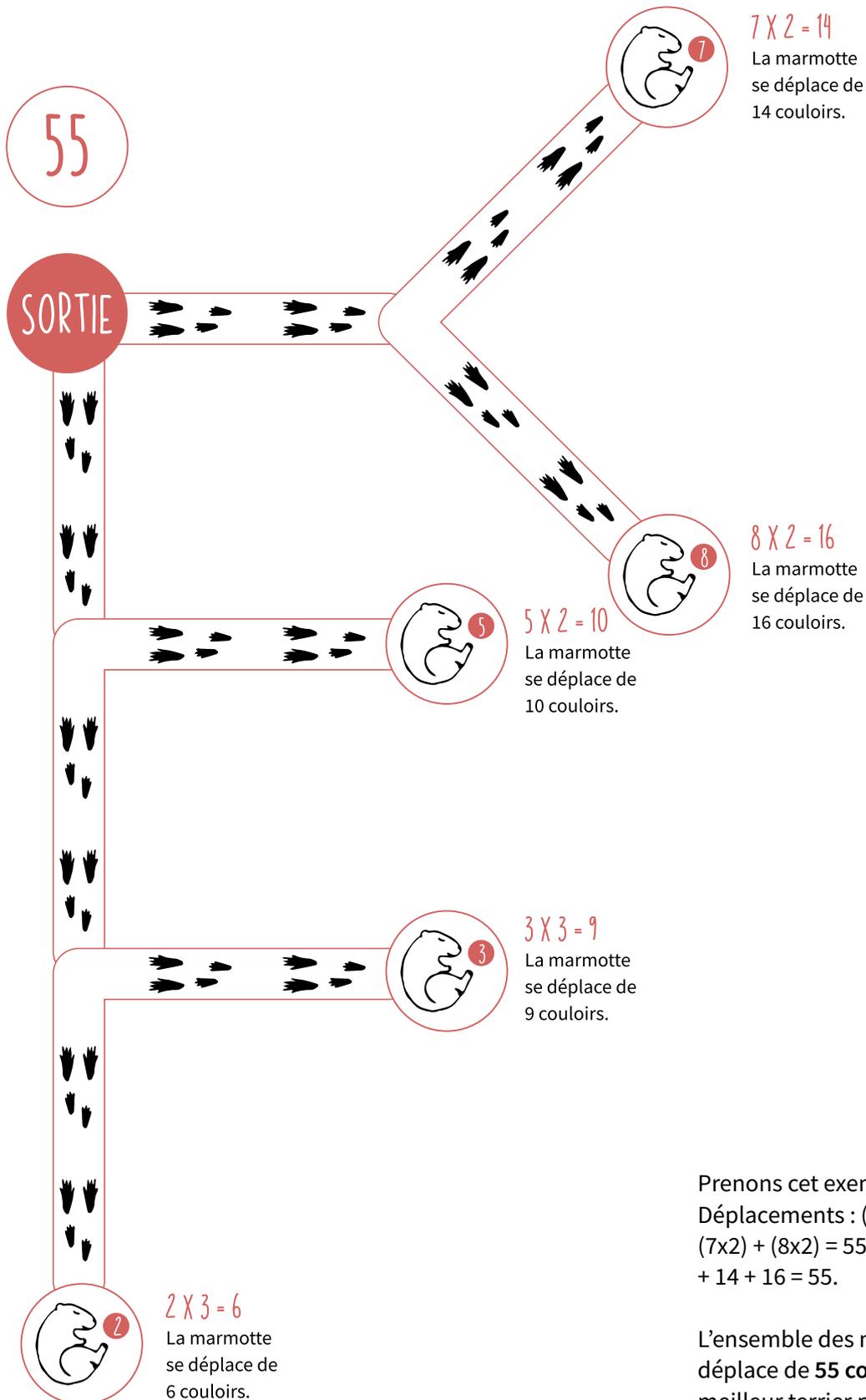
L'ensemble des marmottes se déplace de **57 couloirs**. Ce deuxième terrier est donc plus économe en déplacements.



TEMPS 2.3

COMMENT TROUVER UNE STRATÉGIE QUI FONCTIONNE À TOUS LES COUPS ?

20 minutes



Prenons cet exemple de terrier :

Déplacements : $(2 \times 3) + (3 \times 3) + (5 \times 2) + (7 \times 2) + (8 \times 2) = 55$ ou encore $6 + 9 + 10 + 14 + 16 = 55$.

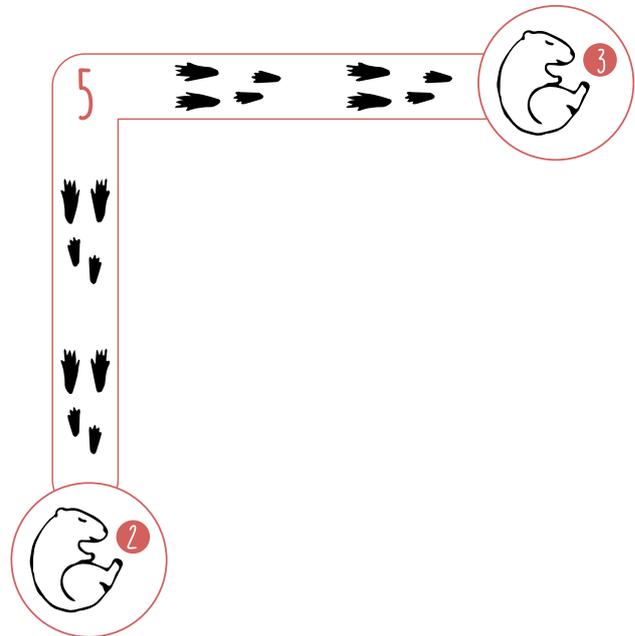
L'ensemble des marmottes se déplace de **55 couloirs**. C'est le meilleur terrier possible. Pourquoi ?

Comment écrire l'algorithme qui permet aux élèves de résoudre le jeu des marmottes à tous les coups ?

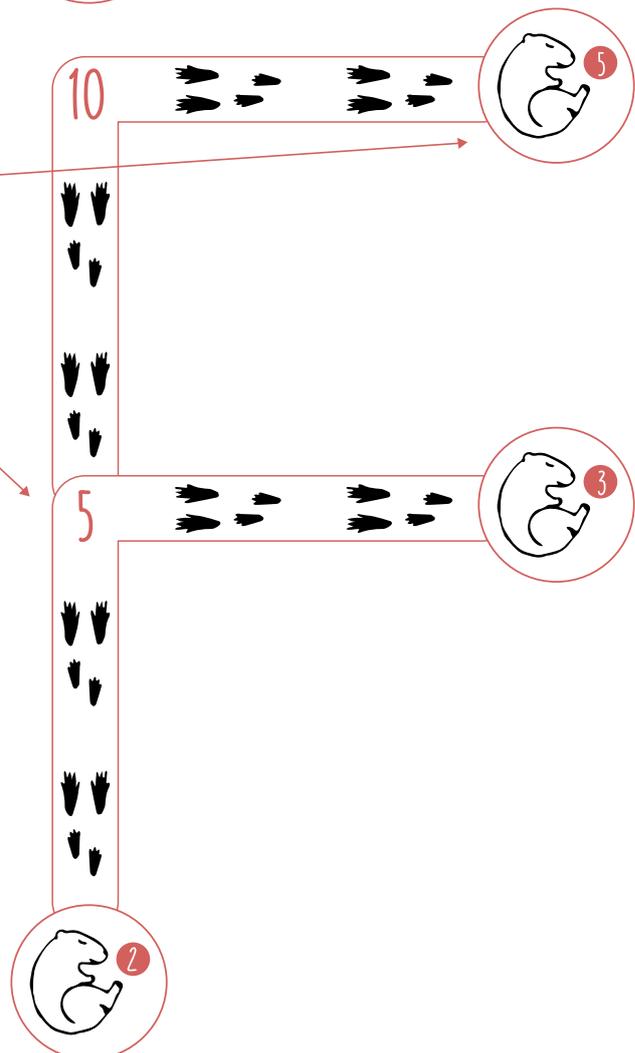
Un algorithme qui fonctionne à chaque fois (on peut induire cet algorithme en proposant la première instruction si les élèves ne la trouvent pas).

Étape 1 : choisir les deux marmottes qui se lèvent le moins souvent et les mettre aux extrémités de deux couloirs.

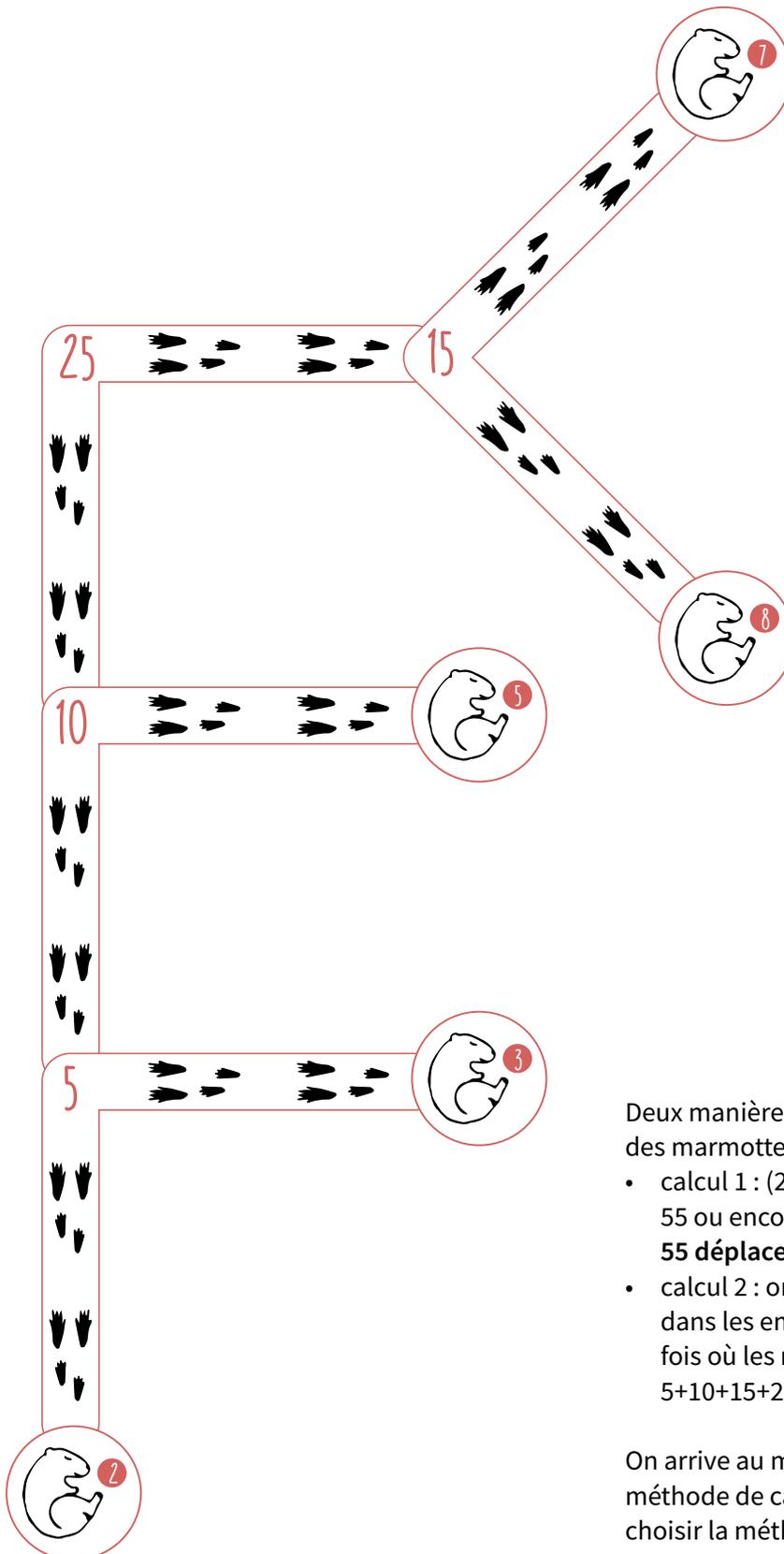
On prend ce bloc de deux marmottes comme si c'était une seule marmotte qui se réveillait 5 fois (la marmotte qui se réveille 3 fois + la marmotte qui se réveille 2 fois = un poids de 5 pour les 2 marmottes). On écrit 5 sur l'embranchement.



Étape 2 : assemblage des marmottes qui se réveillent le moins (la marmotte qui se réveille 5 fois et la combinaison des deux autres qui se réveillent également 5 fois).



À la fin, pour les ou la marmotte(s) restante(s), les mettre ensemble sur une branche.
 Dans ce cas, on compare le poids 10 aux deux marmottes restantes qui se réveillent 7 et 8 fois.
 On met donc les deux marmottes 7 et 8 sur un même embranchement (le plus proche de la sortie du terrier).



Deux manières de calculer les déplacements des marmottes :

- calcul 1 : $(2 \times 3) + (3 \times 3) + (5 \times 2) + (7 \times 2) + (8 \times 2) = 55$ ou encore $6 + 9 + 10 + 14 + 16 = 55$ déplacements ;
- calcul 2 : on additionne les nombres indiqués dans les embranchements (combinaison des fois où les marmottes se réveillent) ce qui donne $5 + 10 + 15 + 25 = 55$ déplacements.

On arrive au même résultat quelle que soit la méthode de calcul choisie. On laisse les élèves choisir la méthode de calcul qui leur convient.

Séance 3 - Du terrier des marmottes à la compression des données

	MODALITÉS	En collectif, en groupes de 2-3 élèves
	MATÉRIEL	<ul style="list-style-type: none"> Fiche 2 : construction du terrier (par groupes)
	DURÉE	45 minutes



TEMPS 3.1

VERBALISER ET ÉCRIRE L'ALGORITHME

5 minutes



« Nous allons maintenant verbaliser et écrire les différentes étapes de la stratégie (de l'algorithme) du jeu des marmottes, c'est-à-dire le terrier qui économise les déplacements des marmottes. »

On reprend plusieurs terriers réalisés par des élèves et on essaye de trouver collectivement comment on peut écrire l'algorithme.

On guide les élèves dans cette étape qui peut se révéler difficile.

Un algorithme qui fonctionne à chaque fois :

- choisir les deux marmottes qui se réveillent le moins souvent et les mettre aux extrémités de deux couloirs ;
- écrire dans l'embranchement le nombre de fois où elles se réveillent (toutes les deux) ;
- pour les marmottes restantes, choisir à nouveau les marmottes qui se lèvent le moins souvent et les mettre aux extrémités de deux couloirs ;
- à la fin, pour les ou la marmotte(s) restante(s), les mettre ensemble sur une branche ;
- on met les marmottes qui se réveillent le plus de fois à proximité de la sortie du terrier.

Selon le temps dont on dispose, on peut proposer aux élèves des prolongements :

- tester avec plus de marmottes (par exemple 8) pour complexifier le terrier ;
- des terriers où toutes les marmottes sont à distance égale de l'entrée pour comparer la performance de l'algorithme ;
- mettre vers la sortie, les marmottes qui se déplacent le moins et comparer.



TEMPS 3.2

EXPLICATIONS

10 minutes

On présente aux élèves un terrier d'une séance précédente en expliquant qu'on parle de terrier pour les marmottes mais en informatique, on appelle cela un arbre.



L'ALGORITHME DE HUFFMAN

Cet arbre représente un algorithme connu sous le nom d'algorithme de Huffman (du nom de son inventeur ; David Albert Huffman), apparu en 1952.

Le codage de Huffman est utilisé tous les jours, sans que l'on s'en rende compte, lorsqu'on compresse des fichiers en .zip, de la musique en .mp3 ou des vidéos en .mpeg.

Voir l'activité en 6^e sur les types de fichiers pour en savoir plus.

EXPLICATION POUR LES ÉLÈVES :

On explique aux élèves que cet algorithme porte le nom d'algorithme de Huffman. Le principe du codage de Huffman repose sur la création d'une structure d'arbre composée de nœuds (les embranchements), comme dans notre terrier de marmottes.

Quand on cherche à compresser un fichier, on veut savoir le nombre de fois qu'apparaît chaque caractère, chaque nombre ou chaque lettre.

On appelle cela l'**occurrence** d'un caractère.

Par exemple dans le mot « marmotte » l'occurrence de la lettre :

- M est 2 ;
- A est 1 ;
- R est 1 ;
- O est 1 ;
- T est 2 ;
- E est 1.



LIEN ENTRE L'ALGORITHME DE HUFFMAN ET LE JEU DES MARMOTTES

Pour faire un lien avec le jeu des marmottes, on peut expliquer aux élèves que les lettres M, A, R, O, T et E avec une certaine fréquence d'apparition sont comme les marmottes qui se réveillent une fois, deux fois, trois fois, etc.

Quand on cherche à économiser le nombre de déplacements des marmottes dans le terrier, cela revient à utiliser la même stratégie que celle de Huffman quand il compresse les fichiers et qu'il veut gagner le maximum de place.

Compresser un fichier revient à réduire la quantité de données de ce fichier à l'aide d'un algorithme et donc à diminuer sa taille en perdant le moins possible d'informations.

Cela permet de gagner de la place sur les disques durs des machines, de s'envoyer par mail des fichiers qui prennent le moins de place possible et de les transmettre ainsi plus rapidement.



TEMPS 3.3

**ET SI NOUS COMPRESSONS DU TEXTE SOUS
LA FORME D'UNE PHRASE**

30 minutes

Nous allons comparer la compression de la phrase « La belle bulle alla au bal. », avec le code ASCII qui est un code permettant de représenter des caractères (lettres). Ce code ne contribue pas à la compression de données mais uniquement de les écrire dans un langage informatique dit binaire.

Dans ce code, la lettre A est représentée par :
0 1 0 0 0 0 1.

Dans ce code, la lettre B est représentée par :
0 1 0 0 0 1 0.

Et ainsi de suite pour la suite de l'alphabet.

On utilise pour chaque caractère une suite de 8 bits qui forment un octet.

La lettre A est représentée par une série de 0 et de 1, soit 8 au total.

Comptons ensemble le nombre de caractères pour la phrase :

LA BELLE BULLE ALLA AU BAL.

Nous trouvons 21 caractères (en comptant seulement les lettres).

En code ASCII, pour une lettre il faut 8 bits.
Soit 21 caractères x 8 bits = 168.

Cette phrase de 21 caractères occupera donc un espace mémoire de 168 bits.

Nous allons compresser la même phrase avec l'algorithme de la marmotte (de Huffman) :

LA BELLE BULLE ALLA AU BAL.

On compte alors le nombre de lettres et leur fréquence :

L = 8 (la lettre L apparaît 8 fois dans la phrase de la même manière qu'une marmotte se réveille 8 fois) ;

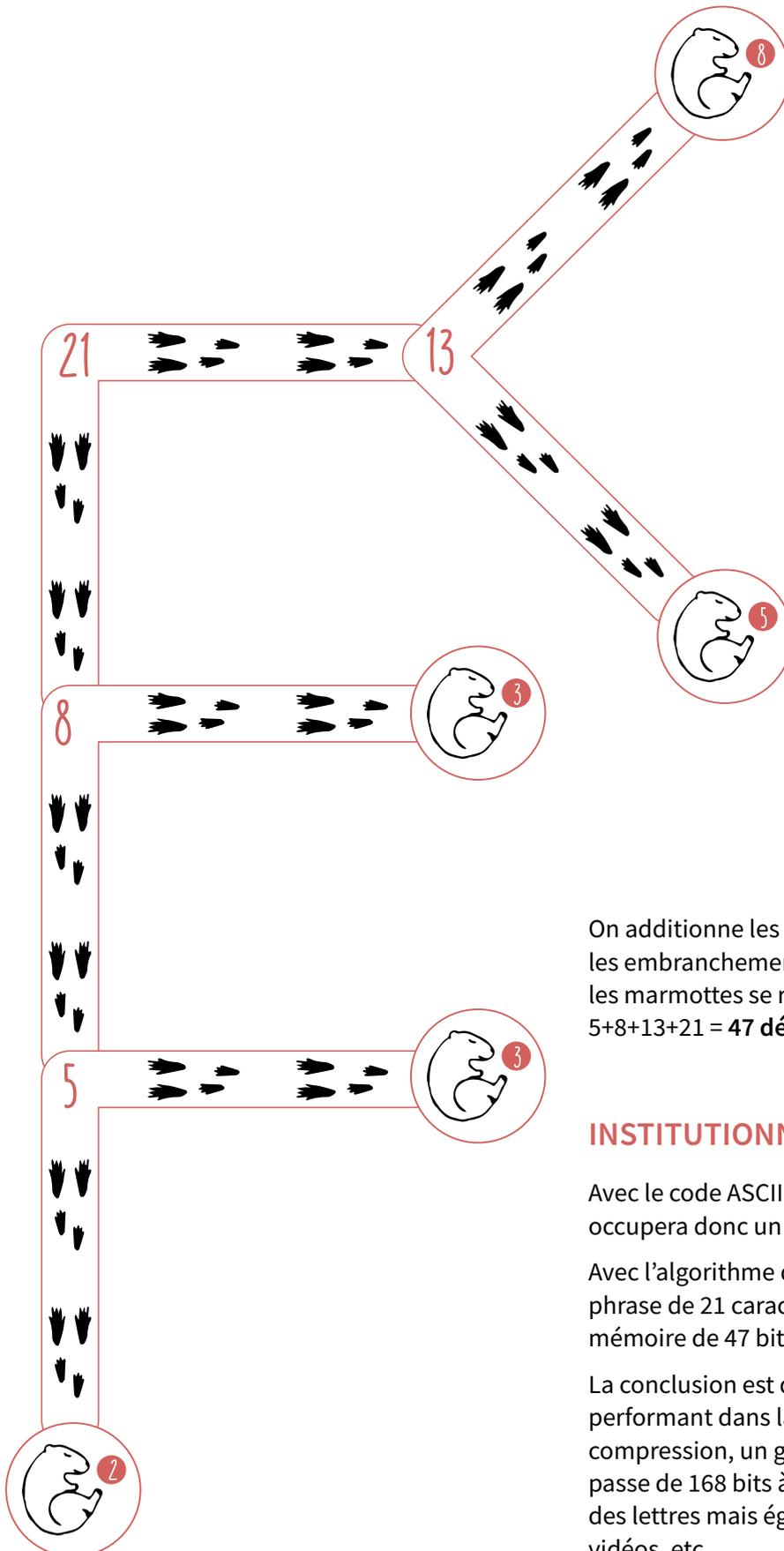
A = 5 (la lettre A apparaît 5 fois dans la phrase de la même manière qu'une marmotte se réveille 5 fois) ;

E = 3 (la lettre E apparaît 3 fois dans la phrase de la même manière qu'une marmotte se réveille 3 fois) ;

B = 3 (la lettre B apparaît 3 fois dans la phrase de la même manière qu'une marmotte se réveille 3 fois) ;

U = 2 (la lettre U apparaît 2 fois dans la phrase de la même manière qu'une marmotte se réveille 2 fois).

On reprend le terrier des marmottes et on réutilise ce que l'on a appris de la stratégie gagnante de la séance 2. Cela donne l'arbre suivant :



On additionne les nombres indiqués dans les embranchements (combinaison des fois où les marmottes se réveillent), ce qui donne $5+8+13+21 = 47$ déplacements.

INSTITUTIONNALISATION :

Avec le code ASCII, la phrase de 21 caractères occupera donc un espace mémoire de 168 bits.

Avec l'algorithme de compression de Huffman, la phrase de 21 caractères occupera donc un espace mémoire de 47 bits.

La conclusion est que le codage de Huffman est performant dans la mesure où il permet une compression, un gain de place des données (on passe de 168 bits à 47 bits). On peut l'utiliser pour des lettres mais également pour des images, des vidéos, etc.



ÉCLAIRAGE THÉORIQUE

Si on retourne le terrier des marmottes, on obtient un arbre en informatique sur lequel on place des 0 et des 1 sur les couloirs.

Sur chaque embranchement avec deux couloirs, on écrit 0 sur un couloir et 1 sur l'autre couloir (par exemple 0 à gauche et 1 à droite). Au dos des marmottes, on pourra écrire une lettre (si on cherche à compresser une phrase) avec le nombre qui représente la fréquence d'apparition de cette lettre dans la phrase.

Pourquoi imposer la contrainte de deux couloirs à chaque embranchement dans le terrier ?

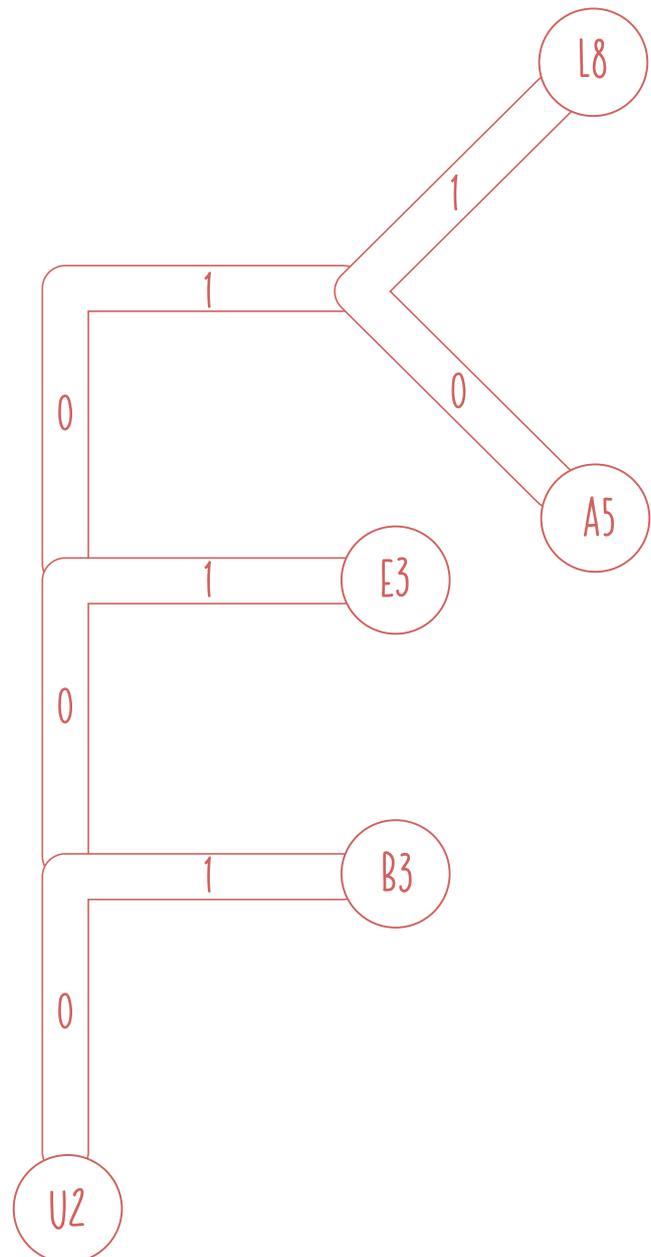
Parce que le code en informatique est basé sur le binaire (0 et 1), d'où deux couloirs seulement (le premier couloir où on écrit 0 et le second où on écrit 1).

Pourquoi les marmottes doivent-elles dormir au fond d'un couloir (dans une chambre) et non pas au milieu d'un couloir ?

Pour éviter que le même code binaire soit associé à deux lettres quand on va compresser un texte.

Pourquoi veut-on économiser les déplacements des marmottes ?

Cela correspond en informatique au fait que les lettres les plus fréquentes dans un texte doivent avoir le code le plus court afin de prendre le moins de place.



Lettre L = code 11

Lettre A = code 10

Lettre E = code 01

Lettre B = code 001

Lettre U = code 000

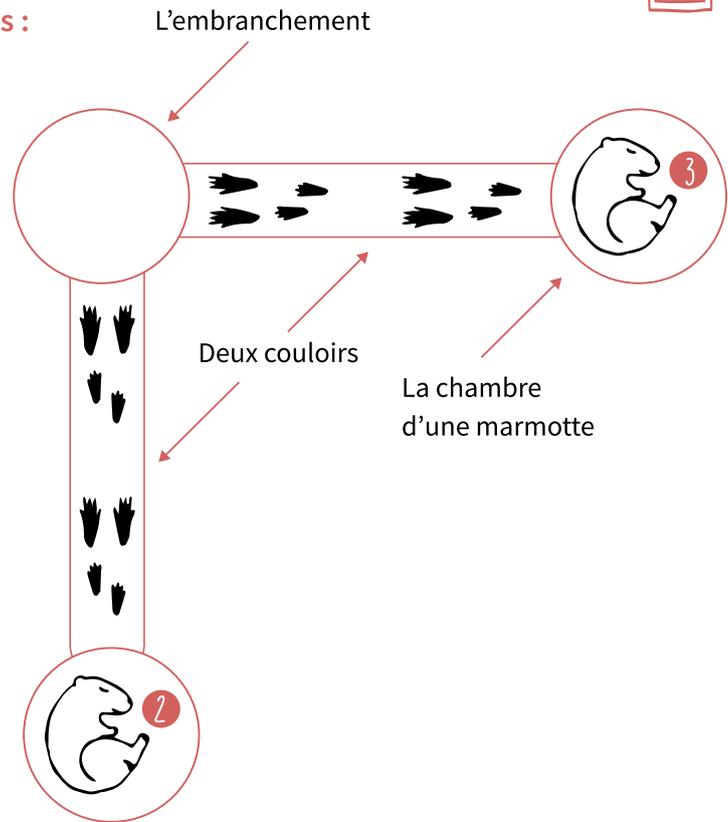
Les lettres les plus fréquentes ont un code moins long que les lettres les moins fréquentes de la même manière que les marmottes qui se réveillent le plus sont les plus proches de la sortie.



Jeu de Zip la marmotte

Informations générales sur les marmottes :

Les marmottes entrent dans un sommeil profond en hiver. On dit qu'elles sont en état d'hibernation. La marmotte fait plus que de dormir. La température de son corps diminue, son cœur ralentit et sa respiration devient plus lente. Ce comportement lui permet de dépenser moins d'énergie, car en hiver sa nourriture se fait plus rare. Cependant, elle va se réveiller plusieurs fois au cours de l'hiver.



LE JEU

Dans cette activité, vous allez aider des marmottes à construire leur terrier en respectant quelques règles.

1. À l'entrée du terrier, les marmottes peuvent creuser deux couloirs au maximum pour éviter que le terrier ne s'effondre.
2. À chaque embranchement, les marmottes peuvent continuer de creuser à chaque fois deux couloirs.
3. Afin de ne pas être réveillées par d'autres marmottes, elles ne peuvent pas dormir au milieu du couloir ou sur un embranchement. Le seul endroit où elles peuvent hiberner se situe au fond d'un couloir, dans une chambre.
4. Les marmottes ont le sommeil léger. Elles se réveillent un certain nombre de fois pendant l'hiver pour se rendre jusqu'à la sortie du terrier.
5. Chaque marmotte se réveille un nombre de fois pendant l'hiver (nombre indiqué à côté de la marmotte).



Pouvez-vous trouver le terrier qui permet au groupe de marmottes de faire le moins de déplacements possibles ?

Comment comptabiliser les déplacements des marmottes ?

On compte le nombre de fois où la marmotte se réveille multiplié par le nombre de déplacements (= nombre de couloirs pour arriver jusqu'à la sortie).

Attention : on ne comptabilise pas le retour dans sa chambre une fois qu'elle revient.



Construction du terrier

