Fonction `Create_walls` : Génération des murs aléatoires

Cette fonction est définie dans le classe **`Board`** permettant de générer aléatoirement des murs, elle est basée sur l'algorithme de Prim.

```
448     def create_walls(self):
449         # GENERATING RANDOM WALLS
450 
451         def allow_visit(j, i):
452             return (
453                 j not in [0, self.game.height - 1]
454                 and i not in [0, self.game.width - 1]
455                 and (j, i)
456                 not in [to_visit_cood for to_visit_cood, parent_cood in to_visit]
457                 and (j, i) not in visited_path
458             )
459 
460         def mark_to_visit(j, i):
461             for adj_coord in [(j + 1, i), (j - 1, i), (j, i + 1), (j, i - 1)]:
462                 if allow_visit(*adj_coord):
463                     to_visit.append((adj_coord, (j, i)))
464 
465         X, Y = np.meshgrid(np.arange(self.game.width), np.arange(self.game.height))
466         self.walls = (X % 2 == 0) | (Y % 2 == 0)
467 
468         while True:
469             begin_j, begin_i = np.random.randint(
470                 0, self.game.height
471             ), np.random.randint(0, self.game.width)
472             if begin_j % 2 and begin_i % 2:
473                 break
474         visited_island = {(begin_j, begin_i)}
475         visited_path = set()
476         to_visit = []
477         mark_to_visit(begin_j, begin_i)
478         while to_visit:
479             (visiting_cood, parent_cood) = to_visit.pop(
480                 np.random.randint(len(to_visit))
481             )
482             visiting_j, visiting_i = visiting_cood
483             detect_j, detect_i = np.array(visiting_cood) * 2 - np.array(parent_cood)
484             visited_path.add(visiting_cood)
485             if (detect_j, detect_i) not in visited_island:
486                 self.walls[detect_j, detect_i] = 0
487                 self.walls[visiting_j, visiting_i] = 0
488             visited_island.add((detect_j, detect_i))
489             mark_to_visit(detect_j, detect_i)
```

Dans la fonction, on définit aussi la fonction **`allow_visit`** et **`mark_to_visit`** :

- **`allow_visit`** :

Cette fonction est utilisée pour vérifier si une coordonnée **`(j, i)`** peut être accessible. Plus précisément, elle vérifie si la coordonnée se trouve sur le bord de la carte, si elle est déjà dans la liste **`to_visit`** et si elle a déjà été visitée auparavant. Si la coordonnée peut être visitée, la fonction renvoie **`True`**, sinon elle renvoie False. Dans le processus de génération de la carte, cette fonction est utilisée pour déterminer s'il faut ajouter la coordonnée à la liste **`to_visit`**.

- **`mark_to_visit`** :

Cette fonction ajoute les positions accessibles environnantes à la liste **`to_visit`** et enregistre la position actuelle **`(j, i)`** comme leur nœud parent. Cette fonction fait partie de l'algorithme de recherche utilisé pour générer les murs.

Plus précisément, pour la position actuelle **`(j, i)`**, le code parcourt les quatre positions adjacentes dans les directions haut, bas, gauche et droite, et utilise la fonction **`allow_visit(*adj_coord)`** pour déterminer si la position peut être accédée. Si c'est le cas, le tuple **`(adj_coord, (j, i))`** composé de la position **`(adj_coord)`** et de la position

actuelle `(j, i)` est ajouté à `to_visit`. Ici, `(j, i)` est enregistré comme le nœud parent de `(adj_coord)`, ce qui peut être utilisé plus tard pour reconstruire le chemin.

Algorithme principal :

```
X, Y = np.meshgrid(np.arange(self.game.width), np.arange(self.game.height))
self.walls = (X % 2 == 0) | (Y % 2 == 0)
```

Ce code utilise la fonction **meshgrid** de la bibliothèque **NumPy** pour créer deux tableaux bidimensionnels **X** et **Y**, qui représentent les valeurs de coordonnées dans les directions horizontale et verticale, respectivement. Les formes de **X** et **Y** sont toutes deux `(h, w)`, c'est-à-dire h lignes et w colonnes. Ici, h et w représentent respectivement la hauteur et la largeur du labyrinthe.

```
Structure de X                    Structure de Y

[[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9],           [[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
 [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9],            [1,1,1,1,1,1,1,1,1,1],
 [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9], …]         [2,2,2,2,2,2,2,2,2,2], …]
```

L'instruction suivante, `(X % 2 == 0) | (Y % 2 == 0)`, effectue une opération logique OU élément par élément sur ces deux tableaux pour obtenir un tableau booléen qui représente les positions qui doivent être définies comme obstacles. Pour un point `(i, j)` sur le plan bidimensionnel, si ses coordonnées horizontale et verticale sont toutes deux paires, alors il s'agit d'un mur dans le labyrinthe. Par conséquent, le code génère des obstacles dans le labyrinthe de cette manière suivante :

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Les 1 : Des murs

Les 0 : Des espaces accessibles

Les bords comprennent que des 1.

Les 0 sont entournés par les 1.

```
while True:
    begin_j, begin_i = np.random.randint(
        0, self.game.height
    ), np.random.randint(0, self.game.width)
    if begin_j % 2 and begin_i % 2:
        break
visited_island = {(begin_j, begin_i)}
visited_path = set()
to_visit = []
```

Ce code fait l'initiation pour démarrer la boucle qui génère des murs :

- La boucle `While` génère une position initiale `(begin_j, begin_i)` qui est assurée grâce à la boucle d'être située à la position dont la valeur corresponde est 0 (l'espace accessible).

- Création d'un dictionnaire `visited_island` pour enregistrer des points (islands) parcourus. Le premier élément dedans est donc le point de départ `(begin_j, begin_i)`.

- Création d'un ensemble vide `visited_path` pour enregistrer des chemins entre des islands.

- Création d'une liste vide `to_visit` pour enregistrer des points suivants à parcourir.

```
477         mark_to_visit(begin_j, begin_i)
478         while to_visit:
479             (visiting_cood, parent_cood) = to_visit.pop(
480                 np.random.randint(len(to_visit))
481             )
482             visiting_j, visiting_i = visiting_cood
483             detect_j, detect_i = np.array(visiting_cood) * 2 - np.array(parent_cood)
484             visited_path.add(visiting_cood)
485             if (detect_j, detect_i) not in visited_island:
486                 self.walls[detect_j, detect_i] = 0
487                 self.walls[visiting_j, visiting_i] = 0
488             visited_island.add((detect_j, detect_i))
489             mark_to_visit(detect_j, detect_i)
```

Ce code réalise les étapes répétitives pour que toutes les positions sur la carte soient traitées :

- Sélectionner de manière aléatoire une position (`visiting_cood, parent_cood`) dans la liste des positions à visiter. `visiting_cood` représente la coordonnée de la position actuelle et `parent_cood` représente la coordonnée de son nœud parent.

- Marquer la position actuelle comme visitée et l'ajouter au chemin de visite déjà parcouru `visited_path`.

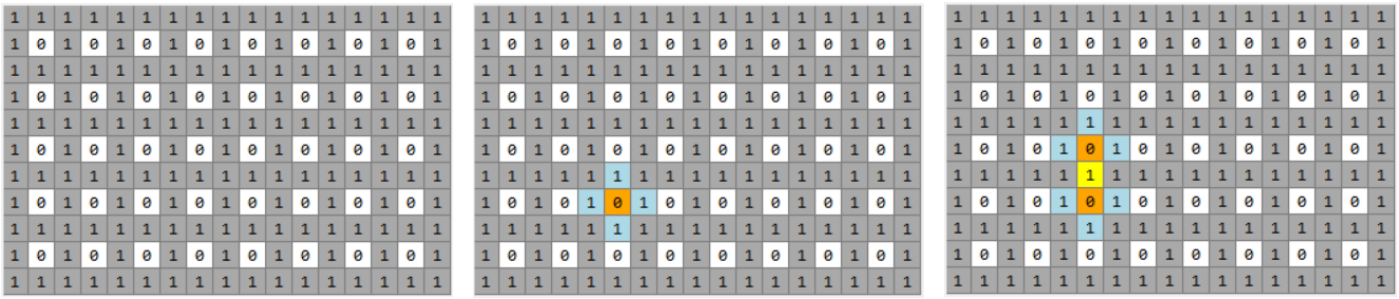
- Vérifier s'il existe un obstacle entre la position actuelle `visiting_cood` et son nœud parent `parent_cood`. Si tel est le cas, supprimer l'obstacle (en position `detect_j`, `detect_i`) en définissant `self.walls[detect_j, detect_i]` et `self.walls[visiting_j, visiting_i]` à 0, et marquer `(detect_j, detect_i)` comme visité.

- Ajouter à la liste des positions à visiter toutes les positions voisines non visitées de la position actuelle, et marquer leur nœud parent comme la coordonnée de la position actuelle (`fonction mark_to_visit`).

A noter que quel que soit la position de `visiting_cood` par rapport au `parent_cood`, ces trois positions traitées dans une opération vérifient (réalisé par `detect_j, detect_i = np.array(visiting_cood) * 2 - np.array(parent_cood)`) :

parent_cood	visiting_cood	detect_j,i

Voici une visualisation simple décrivant une première opération de l'algorithme :



...