Finite Difference Method applied to DML simulation. Part 2a.

ChristianV (Homeswinghome@diyAudio)

28 Dec. 2022

Abstract

Simulation of Distributed Mode Loudspeaker (DML) thanks to the Finite Difference Method (FDM)

Contents

Disclaimer : this paper is written in the context of DIY DML building with the target to identify some design rules to help in the panel construction. This document is not written in the context of any academic or scientific work. Its content is reviewed only by the feedback it can get while posting it in audio DIY forum like diyAudio.

The pdf format of the paper is directly extract from a python script See Github py2pdf for more information about this method.

1 Introduction

This part 2a is the application of part 1 in a Python script up to the calculation of the system matrix.

By itself it is not of a great interest in the method but testing the script fills correctly the matrix.

For the ones having no or very low interest in this, skip it and go to part 2b to see the results of the method.

2 The testing plate

See figure 1.

3 The script outputs

```
The plate is Lx= 0.3 m by Ly= 0.4 m
The mesh is Nx= 5 cells by Ny= 7 cells
Boundary conditions ['C [north]', 'SS [west]', 'SS [south]', 'C [east]']

Cell types
0 : inner cells
1 : boundary cells
2 to 5 : boundary neighbor
25, 32, 34, 45 : corners of the boundary neighbor
```

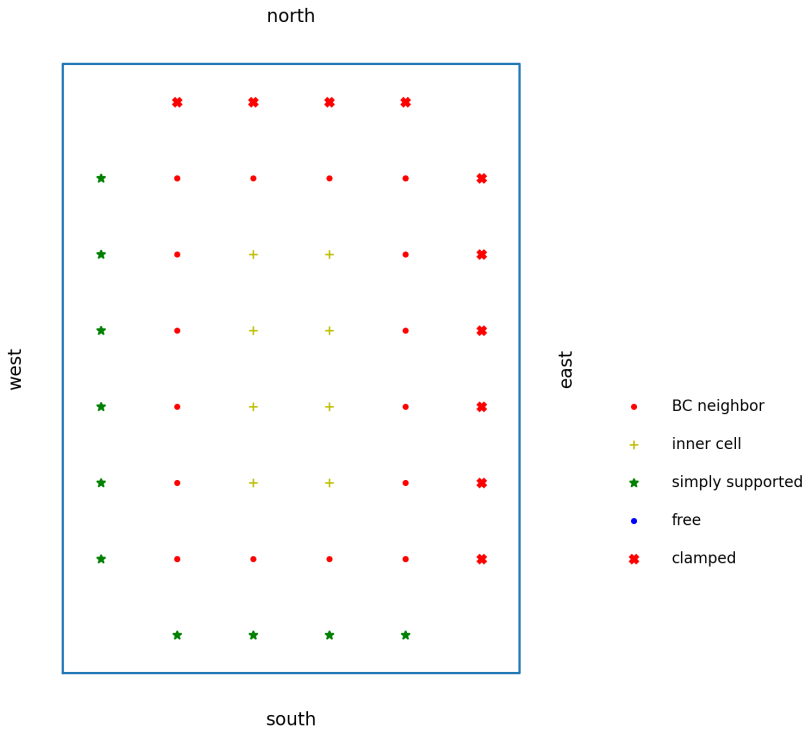

Figure 1: Testing plate

```
    0  1  2  3  4  5
 0  1  1  1  1  1  1
 1  1 32  2  2 25  1
 2  1  3  0  0  5  1
 3  1  3  0  0  5  1
 4  1  3  0  0  5  1
 5  1  3  0  0  5  1
 6  1 34  4  4 45  1
 7  1  1  1  1  1  1
```

```
Cell number used in the system matrix
    0  1  2  3  4  5
 0  0  8 16 24 32 40
 1  1  9 17 25 33 41
 2  2 10 18 26 34 42
 3  3 11 19 27 35 43
 4  4 12 20 28 36 44
 5  5 13 21 29 37 45
 6  6 14 22 30 38 46
 7  7 15 23 31 39 47
```

```
Ax matrix (extract) :  32 cells
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  . -4  .  .  .  .  .  .  .  6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .
10  3  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .
```

```
11  3  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .
12  3  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .
13  3  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .
14 34  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .
18  0  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .
19  0  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .
20  0  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .
21  0  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .
22  4  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  .  6  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  . -4  .  .  .  .  .  .  .  . 6
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

AxW matrix (extract) : 32 cells

```
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
10  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  . 1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
18  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
19  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
20  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
21  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
22  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

AxE matrix (extract) : 32 cells

```
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

```
 2  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 3  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 4  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 5  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 6  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 7  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 8  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 9 32 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
10  3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
11  3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
12  3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
13  3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
14 34 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
15  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
16  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
17  2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
18  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
19  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
20  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
21  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
22  4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
23  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
24  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
25  2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
26  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
27  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
28  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
29  0 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
30  4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
31  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Ay matrix (extract) :  32 cells
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 1  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 2  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 3  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 4  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 5  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 6  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 7  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 8  1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 9 32 . . . . . . . . . -4  6 -4  1  . . . . . . . . . . . . . . . .
10  3 . . . . . . . . .  1 -4  6 -4  1  . . . . . . . . . . . . . . .
11  3 . . . . . . . . .  . 1 -4  6 -4  1  . . . . . . . . . . . . . .
12  3 . . . . . . . . .  . . 1 -4  6 -4  1  . . . . . . . . . . . . .
13  3 . . . . . . . . .  . . . 1 -4  6 -4  1  . . . . . . . . . . . .
14 34 . . . . . . . . .  . . . . 1 -4  6 -4  . . . . . . . . . . . .
15  1 . . . . . . . . .  . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
16  1 . . . . . . . . .  . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
17  2 . . . . . . . . .  . . . . . . . . . -4  6 -4  1  . . . . . . .
18  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  1 -4  6 -4  1  . . . . . .
19  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . 1 -4  6 -4  1  . . . . .
20  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . 1 -4  6 -4  1  . . . .
21  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . 1 -4  6 -4  1  . . .
22  4 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . 1 -4  6 -4  . . .
23  1 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . . . . . . . . . .
24  1 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . . . . . . . . . .
25  2 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . . . . . -4  6 -4  1  . . .
26  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . . . . .  1 -4  6 -4  1  . .
27  0 . . . . . . . . .  . . . . . . . . .  . . . . . . . .  . 1 -4  6 -4  1  .
```

```
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -4  6 -4  1  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -4  6 -4  1
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -4  6 -4
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

```
AyN matrix (extract) :  32 cells
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
10  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
18  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
19  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
20  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
21  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
22  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

```
AyS matrix (extract) :  32 cells
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
10  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
18  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

```
19  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
20  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
21  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
22  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

Axy matrix (extract) : 32 cells

```
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
10  3  .  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  . -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .
18  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .
19  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .
20  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .
21  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .
22  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .  .  1 -2  1
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1 -2  1  .  .  .  .  .  .  .  -2  4 -2
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

B matrix (extract) : 32 cells

```
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
```

```
10  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
18  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
19  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
20  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
21  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
22  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1

SysMat sytem matrix (extract) :  32 cells
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
 0  1  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 1  1  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 2  1  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 3  1  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 4  1  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 5  1  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 6  1  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 7  1  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 8  1  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
 9 32  2 -8  2  .  .  .  .  . -8 19 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .
10  3  .  2 -8  2  .  .  .  .  1 -8 19 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .
11  3  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  1 -8 19 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .
12  3  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  1 -8 19 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .
13  3  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  1 -8 19 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .
14 34  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  1 -8 19 -8  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  .  1  .
15  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
16  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
17  2  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  . -8 20 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .
18  0  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .
19  0  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .
20  0  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .  .
21  0  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .  .  .  2 -8  2  .
22  4  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  .  .  .  .  .  2 -8  2
23  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .
24  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  .
25  2  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  . -8 20 -8  1  .  .  .  .
26  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .  .
27  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .  .
28  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1  .
29  0  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8  1
30  4  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1  .  .  .  .  .  .  2 -8  2  .  .  .  .  .  1 -8 20 -8
31  1  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  1
```

4 Python script code

4.1 Import modules

```
import os # for py2pdf
import subprocess # for py2pdf with bash with alias
import libpy2pdf as p2p
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

4.2 Functions

```
def bound(B): # return the mark style of the edge points according to the BC
    bstyle = ['g*', 'g*', 'g*', 'g*'] # by default all the edges are simply supported
    for ii in range (0, 4):
        if B[ii]=='C': # clamped edge
            bstyle[ii] = 'rX'
        if B[ii]=='F': # free edge
            bstyle[ii] = 'b.'
    return bstyle

def boundcoeff(B): # return the value of the stencil AxD according to the BC
    bcoeff = [-1, -1, -1, -1] # by default all the edges are simply supported
    for ii in range (0, 4):
        if B[ii]=='C': # clamped edge
            bcoeff[ii] = 1
        if B[ii]=='F': # free edge
            bcoeff[ii] = 0
    return bcoeff

def plot_plate(n1, n2, bstyle, btext, file2save): # plot the plate
    m = 0.5
    fig = plt.figure(figsize=(15, 8)) # create the figure
    plt.plot([-m,-m, n1-m, n1-m, -m], [-m, n2-m, n2-m, -m, -m]) # plate limit
    for i in range(1, n1-1):
        plt.plot(i, 0, bstyle[2])
        plt.plot(i, n2-1, bstyle[0])
    for j in range(1, n2-1):
        plt.plot(0, j, bstyle[1])
        plt.plot(n1-1, j, bstyle[3])
    for i in range(2, n1-2): # inner cells
        for j in range(2, n2-2):
            plt.plot(i, j, '+', color='y')
    for i in range(1, n1-1):
        plt.plot(i, 1, '.',color='r')
        plt.plot(i, n2-2, '.',color='r')
    for j in range(1, n2-1):
        plt.plot(1, j, '.',color='r')
        plt.plot(n1-2, j, '.',color='r')
    plt.text(0.5*(n1-1), n2, btext[0], ha='center', va = 'bottom', size='large')
    plt.text(-1, 0.5*(n2-1), btext[1], rotation='vertical', va = 'center', ha = 'right', size='large')
    plt.text(0.5*(n1-1), -1, btext[2], ha = 'center', va = 'top', size='large')
    plt.text(n1, 0.5*(n2-1), btext[3], rotation='vertical', va = 'center', ha = 'left', size='large')
    # legend
    plt.plot(n1+1, 1, 'rX'); plt.text(n1+1.5, 1, "clamped", va = 'center')
    plt.plot(n1+1, 1.5, 'b.'); plt.text(n1+1.5, 1.5, "free", va = 'center')
    plt.plot(n1+1, 2, 'g*'); plt.text(n1+1.5, 2, "simply supported", va = 'center')
    plt.plot(n1+1, 2.5, 'y+'); plt.text(n1+1.5, 2.5, "inner cell", va = 'center')
    plt.plot(n1+1, 3, 'r.'); plt.text(n1+1.5, 3, "BC neighbor", va = 'center')
```

```
    plt.axis('equal')
    plt.axis('off')
    fig.savefig(file2save, bbox_inches="tight", dpi = 200) # this is the key line to store the matplotl
    # plt.title('DML FDM : the plat', fontsize=18) # title
    plt.show()

def fillcelltype(mat):
    mat[0,:] = 1
    mat[-1,:] = 1
    mat[:,0] = 1
    mat[:,-1] = 1
    mat[1,1] = 32
    mat[1,-2] = 25
    mat[-2,1] = 34
    mat[-2,-2] = 45
    mat[1,2:-2] = 2 # North
    mat[-2,2:-2] = 4 #South
    mat[2:-2,1] = 3 # West
    mat[2:-2,-2] = 5 # East
    return mat

def index(kk,jj,n):
    ii = kk + n*jj
    return ii

def fillAxy(mat, kk, jj, n):
    mat[index(kk,jj,n),index(kk,jj,n)] = 4
    return mat

def printmat(tofile, mat, ni, nj, nozero):
    spacing = 3
    a = spacing*" "+" "
    for ii in range(ni):
        b = str(ii) + (spacing - len(str(ii)))*" "
        a = a + b
    p2p.print_twice(tofile, a)
    for jj in range(nj):
        aa = str(jj)
        if jj < 10:
            aa = " " + aa
        ll = len(aa)
        a = aa + (spacing - ll)*" "
        for ii in range(ni):
            cc = int(mat[jj,ii])
            if cc == 0 and nozero == True:
                bb = "."
            else:
                bb = str(cc)
            if cc>=0 and cc<10:
                bb = " " + bb
            b = bb + (spacing - len(bb))*" "
            a = a + b
        p2p.print_twice(tofile, a)
    return

def printmat2(tofile, mat, ni, nj, nozero, rowmat):
    spacing = 3
    a = 2*spacing*" "+" "
    nx = rowmat.shape[1]
    ny = rowmat.shape[0]
    #print("nx",nx,"ny",ny)
```

```
    for ii in range(ni):
        b = str(ii) + (spacing - len(str(ii)))*" "
        a = a + b
    p2p.print_twice(tofile, a)
    for jj in range(nj):
        aa = str(jj)
        if jj < 10:
            aa = " " + aa
        ll = len(aa)
        a = aa + (spacing - ll)*" "
        kk = jj//ny
        rowtype = int(rowmat[jj - ny*kk, kk])
        aa = str(rowtype)
        if rowtype < 10:
            aa = " " + aa
        ll = len(aa)
        a = a + aa + (spacing - ll)*" "
        for ii in range(ni):
            cc = int(mat[jj,ii])
            if cc == 0 and nozero == True:
                bb = "."
            else:
                bb = str(cc)
            if cc>=0 and cc<10:
                bb = " " + bb
            b = bb + (spacing - len(bb))*" "
            a = a + b
        p2p.print_twice(tofile, a)
    return
```

4.3 Prepare py2pdf

```
# lines to be included for py2pdf export
scriptname = os.path.basename(__file__).split('.')[0] # get this script file name without extension
py2pdfdir = p2p.newoutputdir(scriptname)
logfile = py2pdfdir + "/DML_FDM3.txt" # define the logfile
p2p.clearlog(logfile) # clear the logfile (in case script is ran several times)
```

4.4 Parameters

```
# Dimensions (in m otherwise mentionned)
Lxmm = 300; Lymm= 400 # use locally mm to avoid rounding problems
h = 0.02 # plate thickness

# Boundary conditions C = clamped, SS = simply supported, F = free (F not available for now)
Direction = ['north', 'west', 'south', 'east']
Bound_cond = ['C', 'SS', 'SS', 'C'] # North, West, South, East
BC = boundcoeff(Bound_cond)
plotboundcond =['','','','']
for i in range(4):
    plotboundcond[i] = Bound_cond[i] + " [" + Direction[i] + "]"

# Material
Ex = 60e6; Ey = 60e6 # Young modulus x and y direction in Pa
rho = 25. # density in kg/m^3
nu = 0.3 # Poisson ration

# Mesh
dxmm = 50; dymm = dxmm
Nx = Lxmm//dxmm; Ny = Lymm//dymm
Lx = Lxmm/1000; Ly = Lymm/1000
```

```
dx = dxmm/1000; dy= dymm/1000

# Summary
p2p.print_twice(logfile, "The plate is Lx=", Lx,"m by Ly=", Ly, "m")
p2p.print_twice(logfile, "The mesh is Nx=", Nx-1,"cells by Ny=", Ny-1, "cells")
p2p.print_twice(logfile, "Boundary conditions", plotboundcond)

# Show the plate
boundline = bound(Bound_cond) # set the line style for plotting
plot_plate(Nx, Ny, boundline, Direction, py2pdfdir + "/plate.png") # show the mesh
```

4.5 System matrix filling process

```
# Fill the cell type matrix (inner, boundary...)
celltype = np.zeros([Ny, Nx])
celltype = fillcelltype(celltype)

# Fill the system matrix components
Jxrange = range(0,Nx); Kyrange = range(0, Ny)
Imat = np.zeros([Ny,Nx]) # for test
Ax = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # x direction
AxW = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # x direction for clamped or simply supported
AxE = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # x direction for clamped or simply supported
Axy = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # xy direction
Ay = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # y direction
AyN = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # y direction for clamped or simply supported
AyS = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # y direction for clamped or simply supported
B = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # Boundaries
SysMat = np.zeros([Ny*Nx,Ny*Nx]) # System Matrix

for j in Jxrange:
    for k in Kyrange:
        i = k + Ny*j
        Imat[k,j]=i
        cell = celltype[k,j]
        if cell!=1:
            Axy[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 4
            Axy[index(k,j,Ny),index(k-1,j-1,Ny)] = 1
            Axy[index(k,j,Ny),index(k+1,j+1,Ny)] = 1
            Axy[index(k,j,Ny),index(k-1,j+1,Ny)] = 1
            Axy[index(k,j,Ny),index(k+1,j-1,Ny)] = 1
            Axy[index(k,j,Ny),index(k+1,j,Ny)] = -2
            Axy[index(k,j,Ny),index(k-1,j,Ny)] = -2
            Axy[index(k,j,Ny),index(k,j+1,Ny)] = -2
            Axy[index(k,j,Ny),index(k,j-1,Ny)] = -2
        if cell==0:
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-2,Ny)] = 1
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+2,Ny)] = 1
            Ay[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-2,j,Ny)] = 1
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+2,j,Ny)] = 1
        if cell==2 or cell==4:
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+1,Ny)] = -4
```

```
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-2,Ny)] = 1
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+2,Ny)] = 1
        if cell==3 or cell==5:
            Ay[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-2,j,Ny)] = 1
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+2,j,Ny)] = 1
        if cell==3 or cell==32 or cell==34: #West
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+1,Ny)] = -4
            AxW[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 1
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+2,Ny)] = 1
        if cell==5 or cell==25 or cell==45: #East
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j+1,Ny)] = -4
            Ax[index(k,j,Ny),index(k,j-2,Ny)] = 1
            AxE[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 1
        if cell==2 or cell==32 or cell==25: #North
            Ay[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+1,j,Ny)] = -4
            AyN[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 1
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+2,j,Ny)] = 1
        if cell==4 or cell==34 or cell==45: #South
            Ay[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 6
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-1,j,Ny)] = -4
            Ay[index(k,j,Ny),index(k+1,j,Ny)] = -4
            AyS[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 1
            Ay[index(k,j,Ny),index(k-2,j,Ny)] = 1
        if cell==1:
            B[index(k,j,Ny),index(k,j,Ny)] = 1

SysMat = Ax + BC[0]*AyN + BC[1]*AxW + BC[2]*AyN + BC[3]*AxE + Ay + 2*Axy + B
```

4.6 Script output printing

```
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "Cell types")
p2p.print_twice(logfile, "0 : inner cells")
p2p.print_twice(logfile, "1 : boundary cells")
p2p.print_twice(logfile, "2 to 5 : boundary neighbor")
p2p.print_twice(logfile, "25, 32, 34, 45 : corners of the boundary neighbor")
no0 = False
printmat(logfile, celltype, Nx, Ny, no0)

p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "Cell number used in the system matrix")
printmat(logfile, Imat, Nx, Ny, no0)

N = 32 # number of elements to print
no0 = True
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "Ax matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, Ax, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "AxW matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, AxW, N, N, no0, celltype)
```

```
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "AxE matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, AxE, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "Ay matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, Ay, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "AyN matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, AyN, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "AyS matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, AyS, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "Axy matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, Axy, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "B matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, B, N, N, no0, celltype)
p2p.print_twice(logfile, "")
p2p.print_twice(logfile, "SysMat sytem matrix (extract) : ", N, "cells")
printmat2(logfile, SysMat, N, N, no0, celltype)
```

4.7 py2pdf

```
print("start py2pdf")
cmd = "py2pdf " + scriptname # alias
subprocess.call(['/bin/bash', '-i', '-c', cmd]) # to launch the bash file (alias)
```