4.1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons essayés d'étudier la sensibilité suivant l'axe x, l'axe y et l'axe z de la structure, pour ce faire nous avons choisit une gamme de valeurs pour les raideurs de façon à avoir une nette variance lors du calcul des pulsations propres par des programmes utilisés précédemment.
Nous avons utilisé deux cas :

- L= 1m
- L= 4m

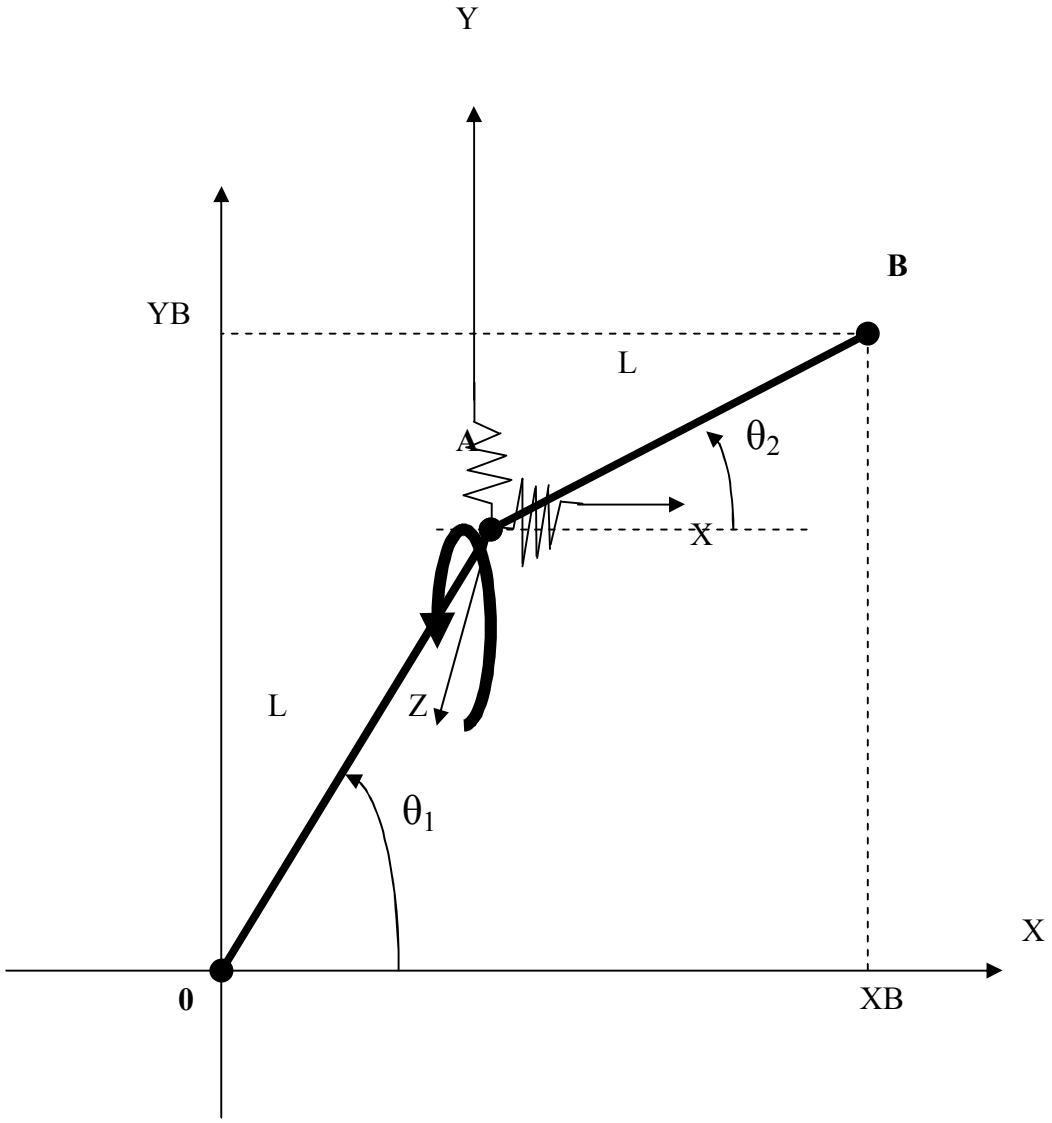


Figure 4-1 : Sensibilité de la structure aux rigidités locales

4.2. Sensibilité aux rigidités locales situées entre les deux bras du manipulateur (cas bidimensionnel):

•Modèle 1 (8 éléments) : (L= 1 m) [raideur le long de l'axe Z]

	Fréquences propres (rd/s)					
№ \ raideur	4E+4	4E+7	4E+8	4E+9	4E+10	4E+12
01	2380.1	2720.5	2725.9	2726.4	2726.5	2726.5
02	4396.9	4428.6	4428.9	4428.9	4428.9	4428.9
03	18157	38442	1.1981E+5	3.7834E+5	1.1963E+6	1.1962E+7
04	17737	17995	18024	18026	18026	18026
05	14495	17737	17737	17737	17737	17737
06	13268	14168	14204	14207	14207	14207
07	9601.3	13268	13268	13268	13268	13268
08	8889.1	9487.3	9491.9	9492.4	9492.4	9492.4
09	6142.9	8888.7	8888.7	8888.7	8888.7	8888.7
10	6089.2	6134.8	6134.8	6134.8	6134.8	6134.8
11	6080.8	5983.8	5983.8	5983.8	5983.8	5983.8
12	5984.1	6080.9	6080.9	6080.9	6080.9	6080.9
13	5822.2	6080	6080	6080	6080	6080
14	5709.3	5708.7	5708.8	5708.8	5708.8	5708.8
15	5635.4	5709.3	5709.3	5709.3	5709.3	5709.3
16	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8
17	5542.4	5570.5	5570.5	5570.5	5570.5	5570.5
18	5513.7	5513.7	5513.7	5513.6	5513.6	5513.6
19	5502.6	5513.6	5513.6	5513.7	5513.7	5513.7
20	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8
21	5484.5	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8
22	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9
23	5478.7	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9
24	5478.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
25	5478.3	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
26	5478.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5478.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-1 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Z) (9 nœuds, L = 1m)

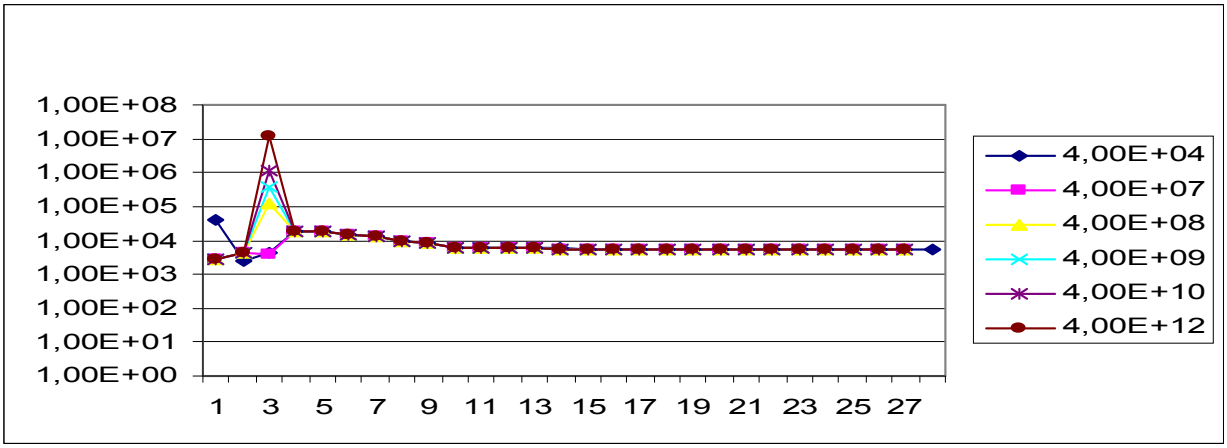


Figure 4-2 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Z) (9 nœuds, L = 1m)

•(L= 1 m) [raideur le long de l'axe Y]

№ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	2361	2552.6	2679.7	2701.1	2703.4	2703.7
02	4395.2	18163	18505	46801	1.4634E+5	1.4616E+6
03	18157	17745	17910	18092	18098	18098
04	17737	14519	16303	17621	17635	17636
05	14493	13332	14168	14339	14348	14349
06	13268	9659.8	12192	12788	12818	12821
07	9599.1	9034.4	9468.7	9495.4	9497.5	9497.7
08	8889.2	6409.3	8220.5	8394.8	8408.4	8409.9
09	6141.1	6041.6	6073.7	6076.4	6076.7	6076.7
10	6087.4	6080.8	6081	6081.1	6081.1	6081.1
11	6080.8	6087.6	6087.8	6087.9	6080	6080
12	5984.1	5781.6	5816.9	5836.9	5838.7	5838.9
13	5781.6	5709.8	5781.6	5781.6	5781.6	5781.6
14	5709.3	5378.2	5708.6	5708.7	5708.7	5708.7
15	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6
16	5570.8	5571.4	5570.4	5570.5	5570.5	5570.5
17	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6
18	5513.7	5513.9	5513.6	5513.6	5513.6	5513.6
19	5494	5494	5494	5494	5494	5494
20	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9
21	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8
22	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4
23	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9
24	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7
25	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
26	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-2 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Y)
(9 nœuds, L = 1m)

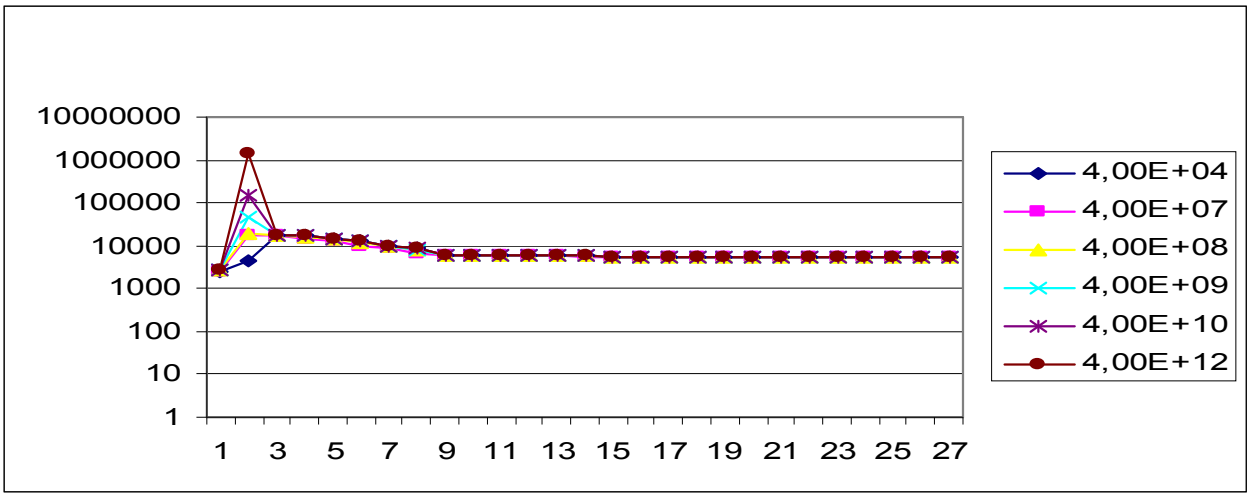


Figure 4-3 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Y)
(9 nœuds, L = 1m)

•(L= 1 m) [raideur le long de l'axe X]

raideur / №	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	2363.2	3907	4287.3	4298.1	4299	4299.1
02	4393.9	18222	20336	51790	1.6113E+5	1.6085E+6
03	18157	17738	17742	17752	17756	17756
04	17737	14696	16847	17599	17633	17636
05	14493	13273	13302	13344	13353	13355
06	13268	9801.2	11763	12739	12814	12821
07	9599.2	8902.5	8953.1	8983.4	8987.6	8988.1
08	8889.1	4609.7	7930.8	8371.4	8406.2	8409.9
09	6141.1	6252.9	6032.3	6038.4	6039	6039
10	6087.4	6001.7	6087.5	6087.5	6087.5	6087.5
11	6080.8	6087.4	6082.1	6082.3	6082.3	6082.3
12	5984	6081.4	5774.9	5833.8	5838.4	5838.9
13	5781.6	5781.6	5781.7	5781.5	5781.5	5781.5
14	5709.3	5709.3	5709.2	5709.3	5709.3	5709.3
15	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6	5611.6
16	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8	5570.8
17	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6	5529.6
18	5513.7	5513.7	5513.6	5513.6	5513.6	5513.6
19	5494	5494	5494	5494	5494	5494
20	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9	5466.9
21	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8	5487.8
22	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4	5481.4
23	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9
24	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7	5477.7
25	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
26	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-3 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe X)
(9 nœuds, L = 1m)

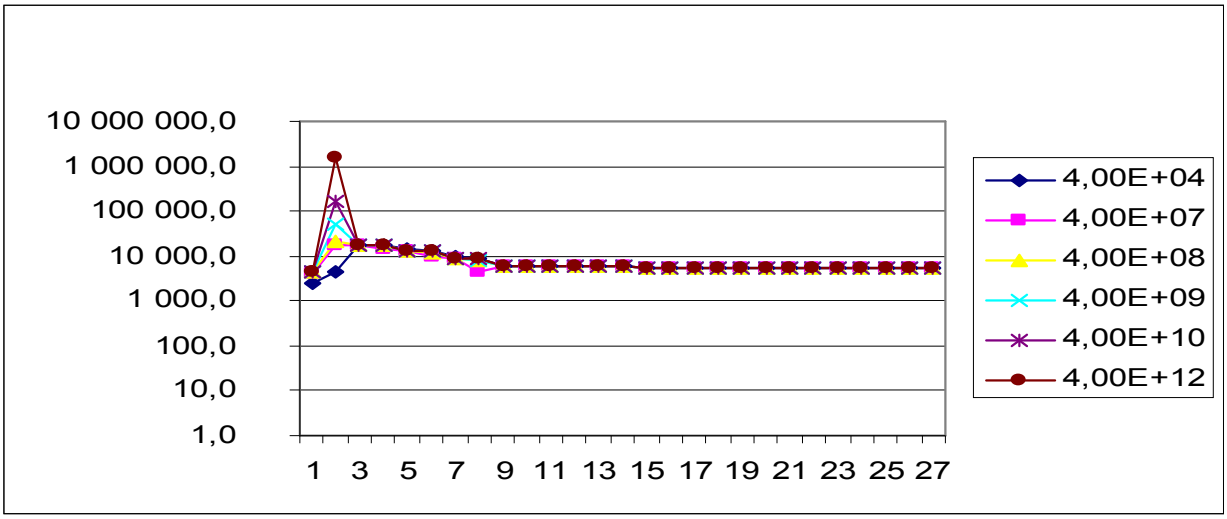


Figure 4-4 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe X)
(9 nœuds, L = 1m)

•Modèle 2 (20 éléments) : (L= 1 m) [raideur le long de l'axe Z]

№ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	2384.9	2725.3	2730.7	2731.2	2731.3	2731.3
02	4413.2	4445.5	4445.8	4445.9	4445.9	4445.9
03	18457	38436	1.198E+5	3.783E+5	1.1961E+6	1.1961E+7
04	18410	18434	18438	18438	18438	18438
05	17618	18410	18410	18410	18410	18410
06	17322	17497	17516	17518	17518	17518
07	16015	17322	17322	17322	17322	17322
08	15537	15859	15881	15883	15883	15883
09	14013	15537	15537	15537	15537	15537
10	13511	13885	13899	13900	13900	13900
11	11973	13511	13511	13511	13511	13511
12	11542	11886	11893	11893	11893	11893
13	10096	11542	11542	11542	11542	11542
14	9769.2	10043	10046	10046	10046	10046
15	8466.2	9769.1	9769.1	9769.1	9769.1	9769.1
16	8243.6	8437.9	8438.7	8438.8	8438.8	8438.8
17	7124.4	8243.4	8243.4	8243.4	8243.4	8243.4
18	6992.6	7112.7	7112.8	7112.8	7112.8	7112.8
19	6122.1	6992.4	6992.4	6992.4	6992.4	6992.4
20	6062.6	6119.4	6119.4	6119.4	6119.4	6119.4
21	6086.5	6062.5	6062.5	6062.5	6062.5	6062.5
22	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
23	5896.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
24	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6
25	5833.5	5873.5	5873.5	5873.5	5873.5	5873.5
26	5792.3	5792	5792	5792	5792	5792
27	5751.7	5792.3	5792.3	5792.3	5792.3	5792.3
28	5710.3	5710.3	5710.3	5710.3	5710.3	5710.3
29	5678.2	5709.9	5709.9	5709.9	5709.9	5709.9
30	5643.7	5643.4	5643.4	5643.4	5643.4	5643.4

Tableau 4-4 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Z)
(21 nœuds, L = 1m)

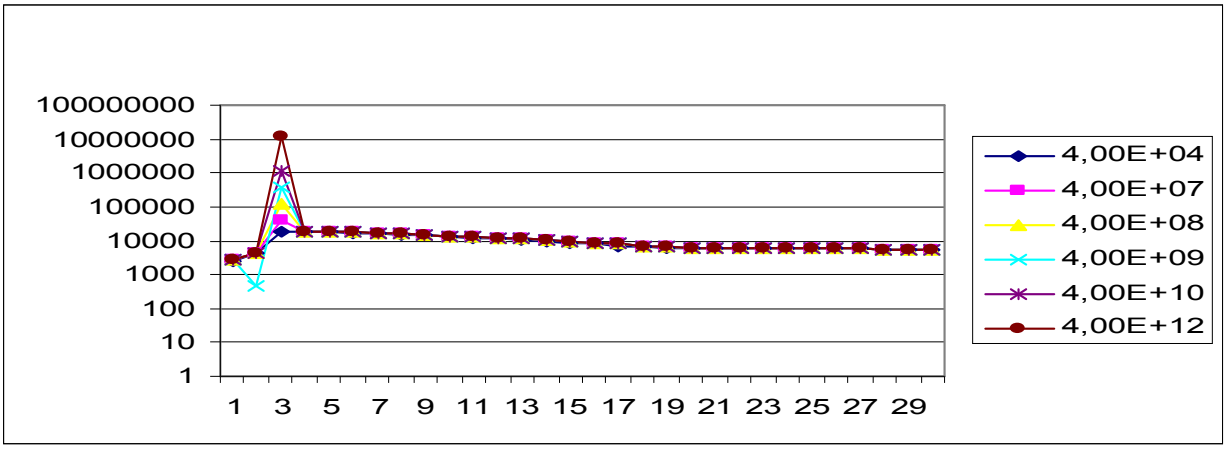


Figure 4-5 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Z)
(21 nœuds, L = 1m)

•(L= 1 m) [raideur le long de l'axe Y] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	2365.8	2558.3	2686	2707.5	2709.8	2710
02	4411.4	18457	18536	46798	1.4633E+5	1.4616E+6
03	18457	18411	18424	18401	18448	18448
04	18410	17623	17988	18447	18402	18403
05	17618	17327	17445	17567	17571	17572
06	17322	16023	16672	17256	17263	17264
07	16015	15550	15828	15948	15953	15953
08	15537	14024	14944	15400	15412	15413
09	14012	13535	13888	13951	13955	13955
10	13511	11987	13030	13322	13334	13336
11	11972	11581	11893	11922	11923	11924
12	11542	10116	11149	11329	11339	11340
13	10095	9882.4	10040	10053	10054	10054
14	9769.2	8500.9	9448	9556.9	9564.4	9565.2
15	8465.3	8306.2	8422.9	8429.2	8429.7	8429.8
16	8243.7	7192.3	7992.6	8055.4	8060.2	8060.8
17	7123.7	7045.2	7089.5	7092.4	7092.7	7092.7
18	6992.7	6225.9	6821.4	6853.3	6855.9	6856.2
19	6121.5	6086.1	6098.3	6099.4	6099.5	6099.5
20	6062.6	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
21	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
22	6086.5	5885.6	5981	5992.7	5993.8	5993.9
23	5885.6	5873.8	5885.6	5885.6	5885.6	5885.6
24	5873.6	5817.6	5873.5	5873.5	5873.5	5873.5
25	5817.6	5792.9	5817.6	5817.6	5817.6	5817.6
26	5792.3	5737.4	5791.9	5792	5792	5792
27	6737.4	5711.6	5737.4	5737.4	5737.4	5737.4
28	5710.3	5666.6	5709.8	5709.9	5709.9	5709.9
29	5666.6	5647	5666.6	5666.6	5666.6	5666.6
30	5643.7	5618	5643.3	5643.3	5643.3	5643.3

Tableau 4-5 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Y)
(21 nœuds, L = 1m)

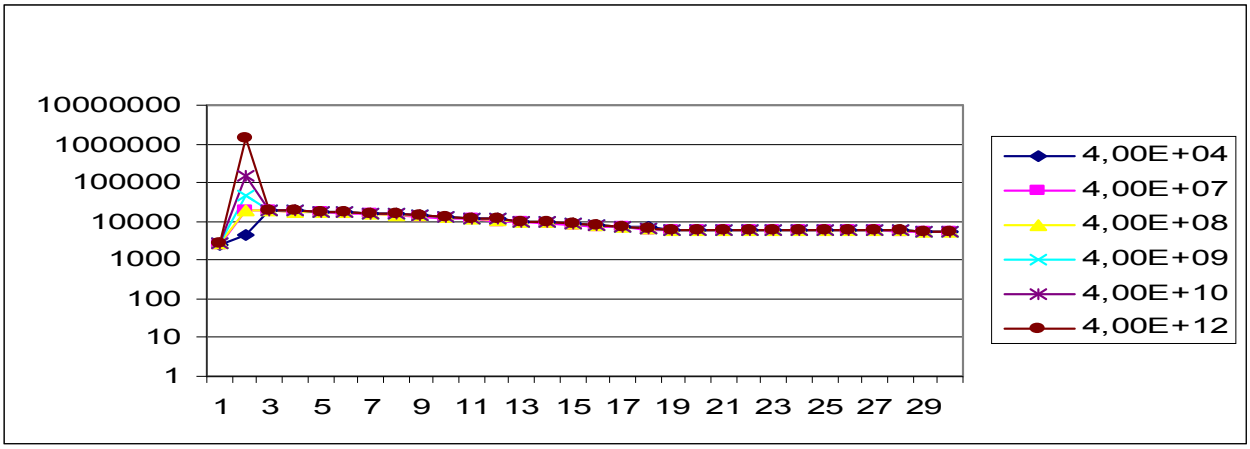


Figure 4-6 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Y)
(21 nœuds, L = 1m)

•(L= 1 m) [raideur le long de l'axe X] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	2368.1	3915.5	4298.9	4310	4311	4311.1
02	4410.1	18467	20240	51787	1.6113E+5	1.6085E+6
03	18457	18410	18410	18411	18412	18412
04	18410	17673	18340	18400	18402	18403
05	17618	17322	17325	17331	17333	17334
06	17322	16093	16938	17245	17262	17264
07	16015	15538	15544	15558	15561	15562
08	15537	14096	14949	15381	15410	15413
09	14012	13512	13524	13541	13545	13546
10	13511	12056	12878	13302	13332	13336
11	11972	11545	11561	11578	11582	11582
12	11542	10175	10962	11312	11338	11340
13	10095	9773.7	9793.2	9807.8	9810	9810.2
14	9769.2	8538.6	9286	9544.1	9563	9565.2
15	8465.4	8249.9	8270.8	8281.1	8282.4	8282.5
16	8243.6	4638.8	7877.2	8047	8059.4	8060.7
17	7123.7	7184.4	7019.5	7025.4	7026.1	7026.2
18	6992.6	7000.5	6754.6	6848.6	6855.5	6856.2
19	6121.5	6158.6	6082.1	6084.5	6084.8	6084.8
20	6062.6	6069.7	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
21	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5	6086.5
22	6086.5	6086.5	5954.5	5990.9	5993.6	5993.9
23	5885.6	5885.6	5885.6	5885.6	5885.6	5885.6
24	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6	5873.6
25	5817.6	5817.6	5817.6	5817.5	5817.5	5817.5
26	5792.3	5792.3	5792.3	5792.3	5792.3	5792.3
27	5737.4	5737.4	5737.3	5737.3	5737.3	5737.3
28	5710.3	5710.3	5710.2	5710.2	5710.2	5710.2
29	5666.6	5666.6	5666.6	5666.6	5666.6	5666.6
30	5643.7	5643.7	5643.7	5643.7	5643.7	5643.7

Tableau 4-6 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe X)
(21 nœuds, L = 1m)

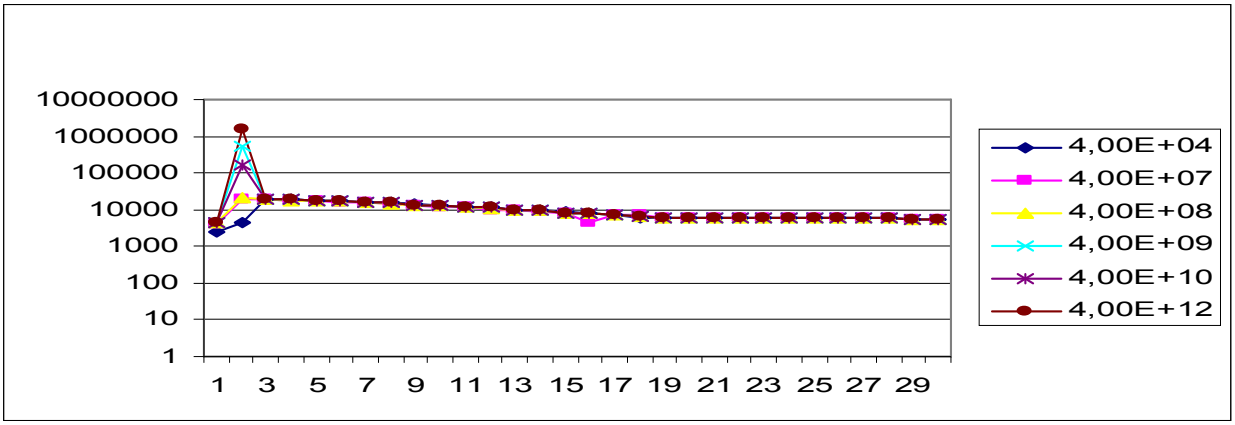


Figure 4-7 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe X)
(21 nœuds, L = 1m)

•Modèle 1 (8 éléments) : (L= 4 m) [raideur le long de l'axe Z] :

№ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	6980.7	7380.4	15952	47610	1.4963E+5	1.4953E+6
02	6912.8	6912.8	6957.6	6959.2	6959.4	6959.4
03	6423	6902.2	6912.8	6912.8	6912.8	6912.8
04	6255.1	6346.7	6380.7	6382.6	6382.7	6382.7
05	5821.1	6255.1	6255.1	6255.1	6255.1	6255.1
06	5749.9	5807.4	5809.7	5809.9	5809.9	5809.9
07	5336	5749.8	5749.9	5749.9	5749.9	5749.9
08	5415.3	5345.6	5346.2	5346.2	5346.2	5346.2
09	5521	5416.9	5417	5417	5417	5417
10	5510.2	5520.5	5520.5	5520.5	5520.5	5520.5
11	5479.9	5510.2	5510.2	5510.2	5510.2	5510.2
12	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
13	5479.4	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
14	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1
15	5478	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1
16	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
17	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
18	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
19	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
20	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
21	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
22	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
23	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
24	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
25	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
26	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-7 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Z)
(9 nœuds, L = 4m)

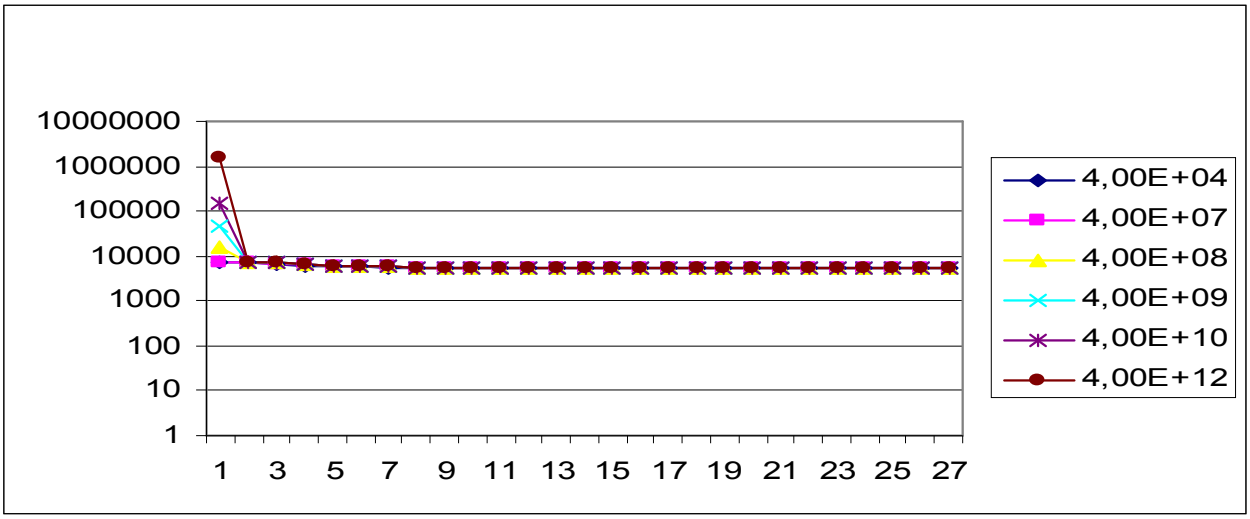


Figure 4-8 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Z)
(9 nœuds, L = 4m)

•(L= 4 m) [raideur le long de l'axe Y] :

№ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	6980.7	6986.7	9227.4	23779	73295	7.3083E+5
02	6912.8	6919.3	6968.2	6971	6971	6971.2
03	6422.9	6450.4	6889.1	6896.2	6896.7	6896.7
04	6255.1	6302.8	6399	6402.3	6402.6	6402.6
05	5821.1	5922.1	6185	6195.7	6196.6	6196.7
06	5749.9	5799.8	5810	5810	5810.6	5810.6
07	5335.9	5647.2	5701.2	5704.5	5704.8	5704.9
08	5415.5	5344.7	5346.2	5346.4	5346.4	5346.4
09	5521	5516.1	5516.6	5516.7	5516.7	5516.7
10	5510.2	5496.2	5500.2	5500.5	5500.5	5500.5
11	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
12	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
13	5479.4	5479.4	5479.4	5479.4	5479.4	5479.4
14	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1
15	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
16	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
17	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
18	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
19	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
20	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
21	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
22	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
23	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
24	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
25	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
26	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-8 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Y)
(9 nœuds, L = 4m)

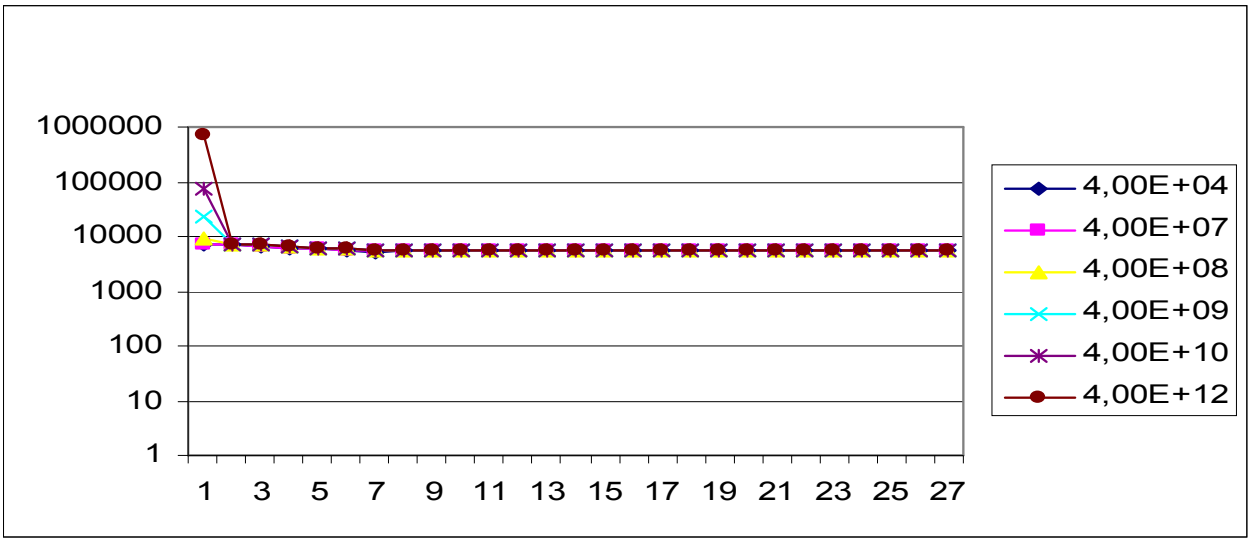


Figure 4-9 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Y)
(9 nœuds, L = 4m)

•(L= 4 m) [raideur le long de l'axe X] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	6980.7	7043.7	9961.2	26089	80634	8.0427E+5
02	6912.8	6913.2	6914.6	6915.7	6915.9	6915.9
03	6423	6565.4	6879.8	6895.3	6896.6	6896.7
04	6255.1	6257.4	6263.5	6266.2	6266.5	6266.6
05	5821.1	5929	6168.3	6194.2	6196.5	6196.7
06	5749.9	5753.7	5758.4	5759.4	5759.5	5759.5
07	5336.1	5594.3	5695.6	5704	5704.8	5704.9
08	5415.3	5408.4	5410.1	5410.2	5410.2	5410.2
09	5521	5512.8	5513.8	5513.9	5513.9	5513.9
10	5510.2	5485.4	5499.6	5500.4	5500.4	5500.5
11	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
12	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
13	547.4	547.4	547.4	547.4	547.4	547.4
14	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1	5478.1
15	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
16	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6	5477.6
17	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
18	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4	5477.4
19	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
20	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
21	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3	5477.3
22	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
23	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
24	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
25	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
26	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2
27	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2	5477.2

Tableau 4-9 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe X)
(9 nœuds, L = 4m)

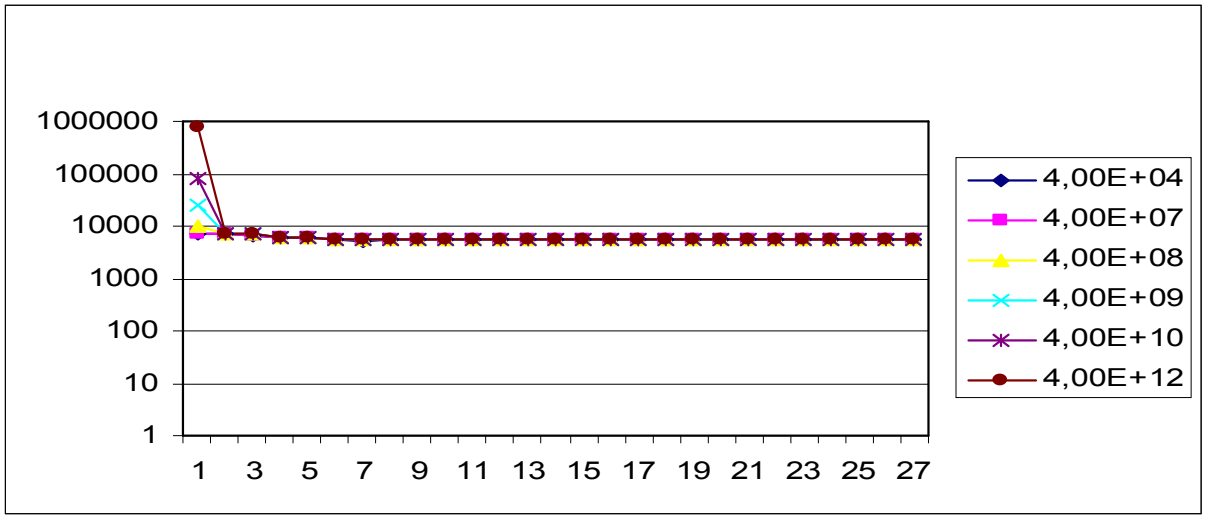


Figure 4-10 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe X)
(9 nœuds, L = 4m)

•Modèle 2 (20 éléments) : (L= 4 m) [raideur le long de l'axe Z] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	7029.6	7373.9	15950	47605	1.4961E+5	1.4951E+6
02	7022	7022	7026.4	7026.6	7026.6	7026.6
03	6893.8	7019.5	7022	7022	7022	7022
04	6846.8	6846.8	6876.6	6877	6877.8	6877.8
05	6644.9	6845.3	6846.8	6846.8	6846.8	6846.8
06	6573.6	6596	6623.8	6624.9	6625.1	6625.1
07	6355.9	6573.5	6573.6	6573.6	6573.6	6573.6
08	6287.5	6326.4	6339.6	6340.3	6340.4	6340.4
09	6089.7	6287.5	6287.5	6287.5	6287.5	6287.5
10	6037.4	6074.8	6079.5	6079.7	6079.9	6079.9
11	5873.3	6037.4	6037.4	6037.4	6037.4	6037.4
12	5838.6	5866.3	5867.8	5867.9	5867.9	5867.9
13	5336.1	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6	5838.6
14	5710	5707.1	5707.5	5707.5	5707.5	5707.5
15	5689.6	5689.6	5689.6	5689.6	5689.6	5689.6
16	5594.4	5345.7	5346.3	5346.4	5346.4	5346.4
17	5583.9	5593.4	5593.4	5593.4	5593.4	5593.4
18	5416.1	5583.9	5583.9	5583.9	5583.9	5583.9
19	5519.7	5417.8	5417.8	5417.8	5417.8	5417.8
20	5515.6	5519.5	5519.5	5519.5	5519.5	5519.5
21	5482.1	5515.6	5515.6	5515.6	5515.6	5515.6
22	5481.5	5482	5482	5482	5482	5482
23	5479.6	5481.5	5481.5	5481.5	5481.5	5481.5
24	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
25	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
26	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
27	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
28	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5
29	5478.4	5478.4	5478.4	5478.4	5478.4	5478.4
30	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2

Tableau 4-10 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Z)
(21 nœuds, L = 4m)

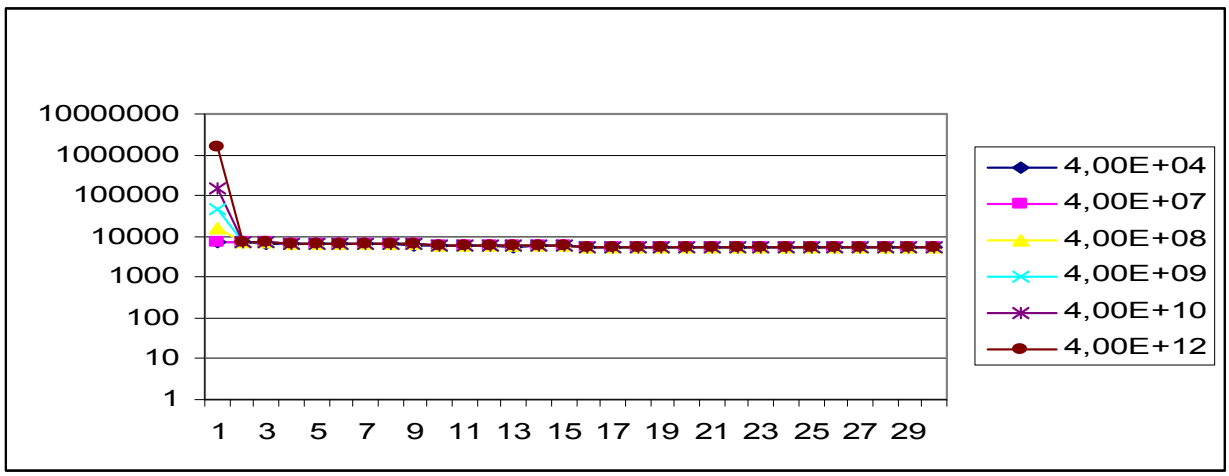


Figure 4-11 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Z)
(21 nœuds, L = 4m)

•(L= 4 m) [raideur le long de l'axe Y] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	7029.6	7030.5	9226.8	23778	73292	7.308E+5
02	7022	7022.5	7027.8	7028.2	7028.2	7028.2
03	6893.8	6899.5	7020.1	7020.7	7020.7	7020.8
04	6846.8	6850.9	6884.3	6886.3	6886.4	6886.4
05	6644.9	6653.6	6833.8	6837.3	6837.6	6837.6
06	6573.6	6584.5	6633.5	6635.5	6635.6	6635.6
07	6355.9	6368.6	6549.7	6554.9	6555.4	6555.3
08	6287.5	6307.2	6346.6	6347.8	6347.8	6348
09	6089.7	6111.8	6259.1	6263.8	6264.1	6264.2
10	6037.4	6064.2	6083	6083.6	6083.7	6083.
11	5873.3	5915.2	6009.9	6013.2	6013.5	6013.6
12	5838.6	5862.5	5868.5	5868.8	5868.8	5868.8
13	5336	5767.1	5815.3	5817.3	5817.5	5817.5
14	5710	5344.8	5346.4	5346.6	5706.7	5346.6
15	5689.6	5704.6	5706.6	5706.7	5673.3	5706.7
16	5594.4	5650.7	5672	5673.2	5346.6	5673.3
17	5583.9	5591.2	5591.8	5591.9	5591.9	5591.9
18	5416.4	5564.4	5572.8	5573.4	5573.4	5573.4
19	5519.7	5518	5518.2	5518.2	5518.2	5518.2
20	5515.6	5508.1	5510.7	5510.9	5510.9	5510.9
21	5482.1	5481.8	5481.8	5481.8	5481.8	5481.8
22	5482.5	5480.6	5480.9	5480.9	5480.9	5480.9
23	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
24	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
25	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9
26	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
27	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6
28	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5
29	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3
30	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2

Tableau 4-11 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe Y)
(21 nœuds, L = 4m)

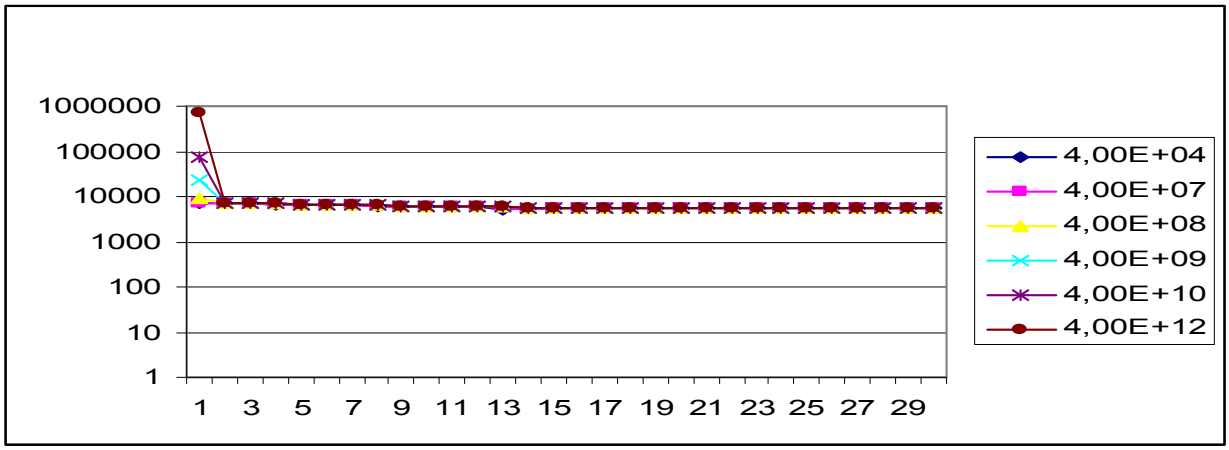


Figure 4-12 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe Y)
(21 nœuds, L = 4m)

•(L= 4 m) [raideur le long de l'axe X] :

№ \ raideur	Fréquences propres (rd/s)					
	4E+4	**4E+7**	**4E+8**	**4E+9**	**4E+10**	**4E+12**
01	7029.6	7045.2	9960.1	26088	80632	8.0424E+5
02	7022	7022	7022.1	7022.2	7022.2	7022.2
03	6893.8	6947.3	7019.4	7020.6	7020.7	7020.8
04	6846.8	6847	6847.9	6848.5	6848.6	6848.6
05	6644.9	6705	6829.2	6836.9	6837.5	6837.6
06	6573.6	6574.1	6576	6577.1	6577.2	6577.2
07	6355.9	6412.2	6542.4	6554.2	6555.2	6555.3
08	6287.5	6288.4	6290.9	6292	6292.2	6292.2
09	6089.7	6139.6	6252	6263.1	6264.1	6264.2
10	6037.4	6038.6	6041.2	6042.1	6042.2	6042.2
11	5873.3	5916.9	6004.6	6012.7	6013.5	6013.6
12	5838.6	5840	5842.3	5842.8	5842.9	5842.9
13	5336.3	5748	5811.8	5817	5817.4	5817.5
14	5710	5691.2	5692.8	5693.1	5693.1	5693.1
15	5689.6	5627	5670.1	5673	5673.2	5673.3
16	5594.4	5585.5	5410.6	5410.8	5586.5	5586.5
17	5583.9	5408.9	5586.4	5586.5	5573.4	5573.4
18	5416.1	5546.3	5571.9	5573.3	5410.8	5410.8
19	5519.7	5516.6	5517	5517.1	5517.1	5517.1
20	5515.6	5499.3	5499.4	5510.9	5510.9	5510.9
21	5482	5481.7	5481.8	5481.8	5481.8	5481.8
22	5481.5	5479.7	5479.9	5479.9	5479.9	5479.9
23	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
24	5479.7	5479.4	5479.7	5479.7	5479.7	5479.7
25	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9	5478.9
26	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8	5478.8
27	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6	5478.6
28	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5	5478.5
29	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3	5478.3
30	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2	5478.2

Tableau 4-12 : L'effet de variation de raideurs sur les pulsations propres (l'axe X)
(21 nœuds, L = 4m)

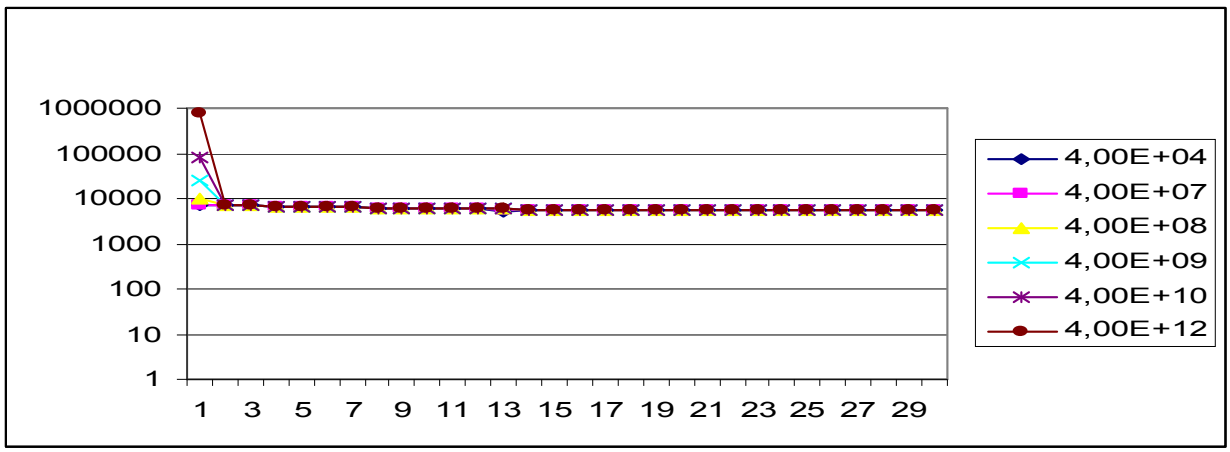


Figure 4-13 : Courbes représentant les pulsations propres pour différents raideurs (l'axe X)
(21 nœuds, L = 4m)

-Interprétation des courbes :
On remarque après l'analyse des résultats que la direction Z est sensible à la variation pour une plage de raideurs. Le seuil de premières pulsations propres diminue avec l'augmentation de longueur.

4.3. Pulsations propres pour structure rigide (manipulateur rigide à deux bras) :

№	Pulsations propres (rd/s)
01	1.6186E+6
02	4.2825E+6
03	7.4174E+6

Tableau 4-13 : Pulsations propres pour robot manipulateur rigide à deux bras

4.4. Détermination de position de l'extrémité du 2ième bras en fonction de l'angle teta1 et teta2 :

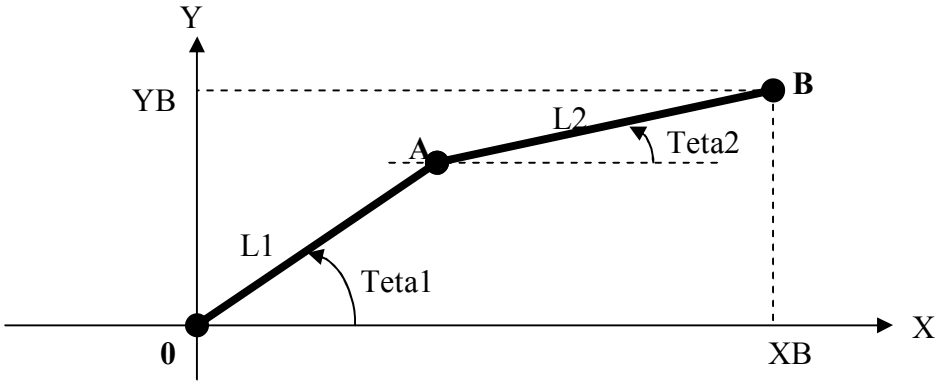


Figure 4-14 : Position de l'extrémité B en fonction de teta1 et teta2

Avec
XB = L1 cos (teta1) + L2 cos (teta2) (4-1)
YB = L1 sin (teta1) + L2 sin (teta2)

4.5. Une abaque pour déterminer la position de l'extrémité du bras B en fonction de teta1 et teta2 :

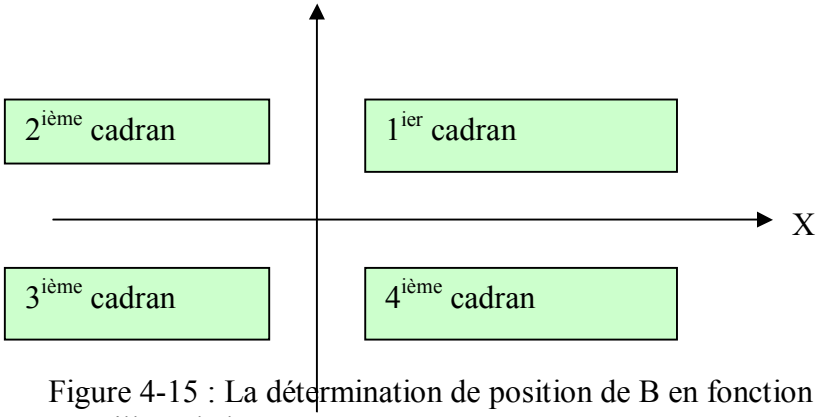
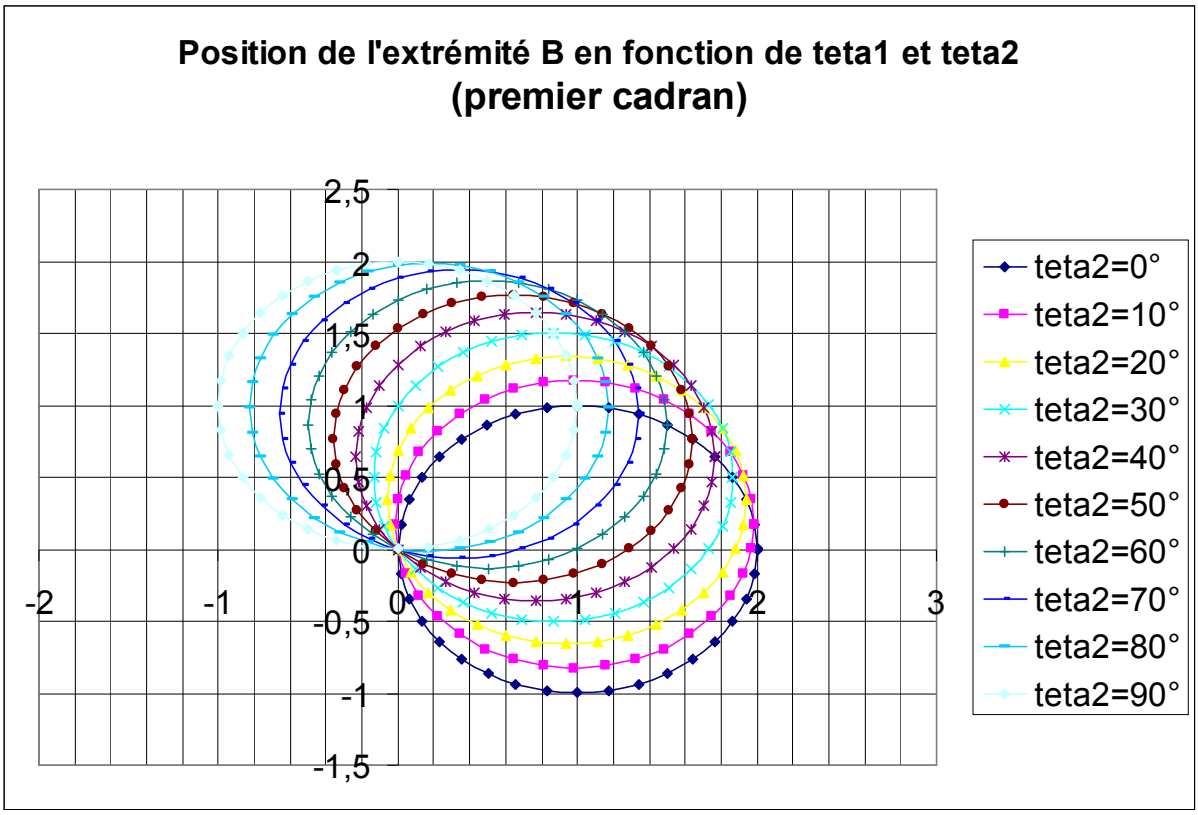
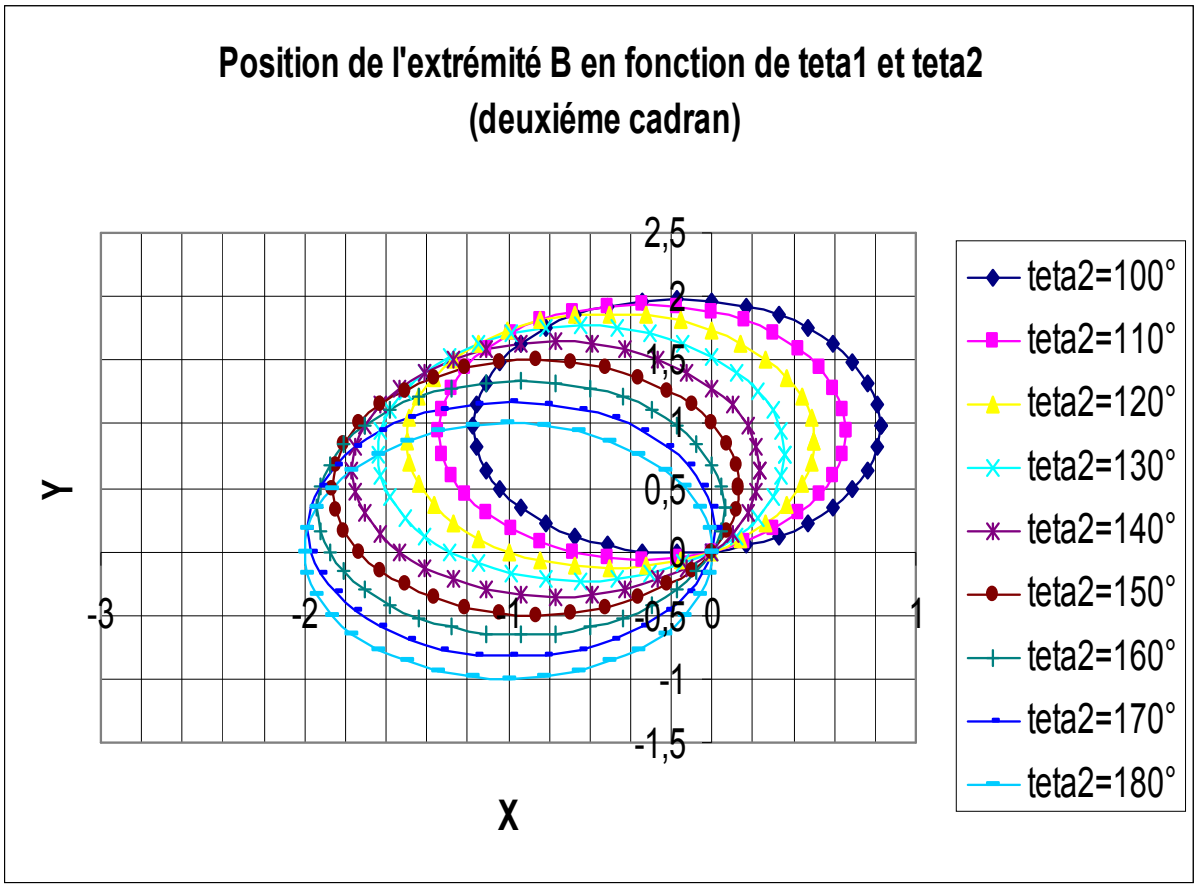


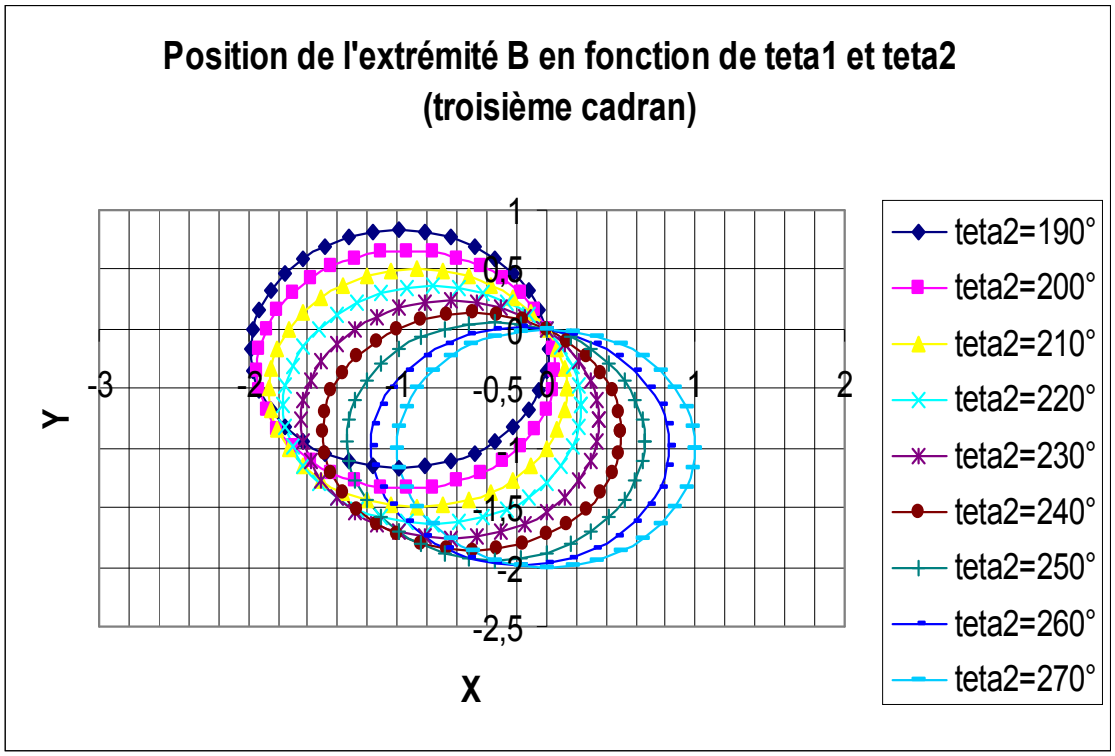
Figure 4-15 : La détermination de position de B en fonction de teta1, teta2 et de l'espace travaillant dedans


Position de l'extrémité B en fonction de teta1 et teta2
(premier cadran)
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-2
-1
0
1
2
3
teta2=0°
teta2=10°
teta2=20°
teta2=30°
teta2=40°
teta2=50°
teta2=60°
teta2=70°
teta2=80°
teta2=90°

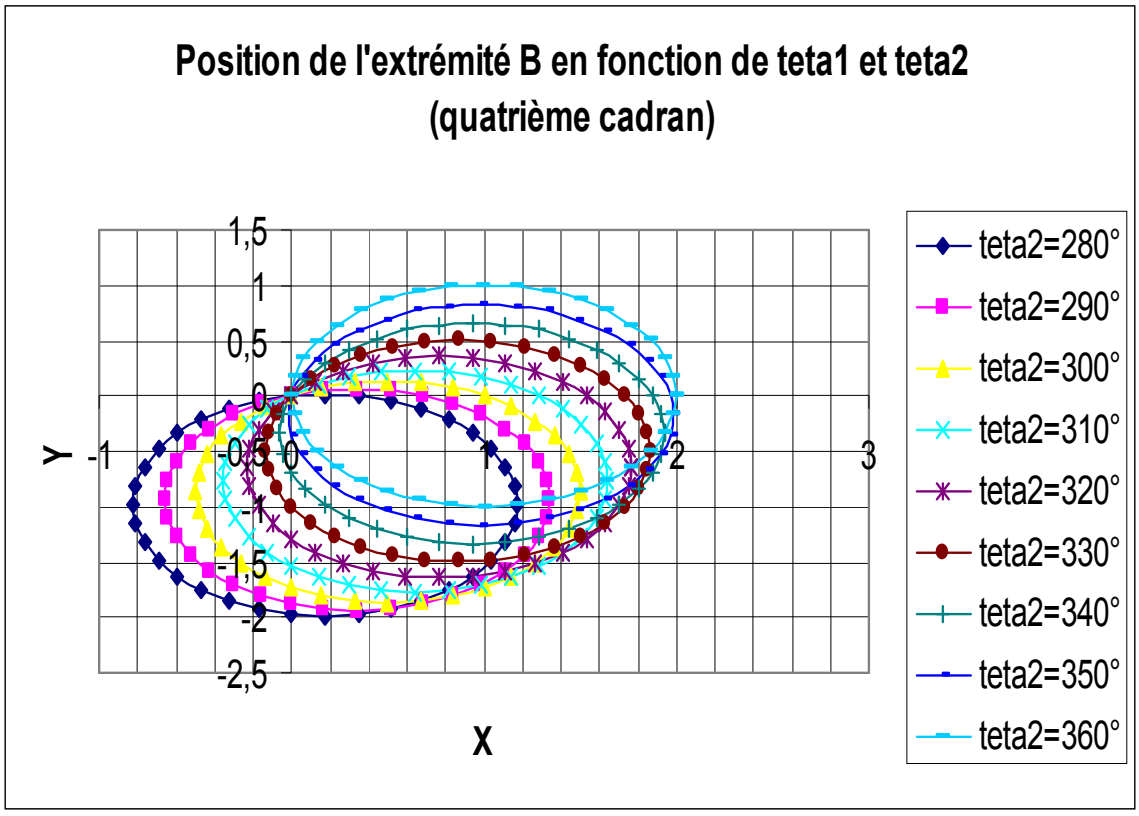
(a)


Position de l'extrémité B en fonction de teta1 et teta2
(deuxiéme cadran)
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-3
-2
-1
0
1
Y
X
teta2=100°
teta2=110°
teta2=120°
teta2=130°
teta2=140°
teta2=150°
teta2=160°
teta2=170°
teta2=180°

(b)



(c)



(d)

Figure 4-16 (a),(b),(c),(d) : La position de l'extrémité du bras B en fonction de teta1 et teta2

4.6. Comparaison entre la structure rigide et la structure flexible (Cas teta2 = 0 ° et teta1 = 0° : 350 °) :

№	Teta1 (°)	Teta2 (°)	Structure rigide		Structure flexible	
			XB(m)	YB(m)	XB(m)	YB(m)
01	0	0	2.0000	0.0000	1.8861	-6.051E-19
02	10		1.9848	0.1736	1.9843	0.2695
03	20		1.9396	0.3420	1.8263	0.3535
04	30		1.8660	0.5000	1.8733	0.6138
05	40		1.7660	0.6427	1.7953	0.7414
06	50		1.6427	0.7660	1.5347	0.7463
07	60		1.4999	0.8660	1.6089	0.8260
08	70		1.3420	0.9396	1.3407	1.0547
09	80		1.1736	0.9848	1.0612	0.9762
10	90		0.9999	1.0000	1	0.8861
11	100		0.8263	0.9848	0.9397	0.9790
12	110		0.6579	0.9396	0.6385	1.001
13	120		0.4999	0.8660	0.6089	0.8911
14	130		0.3572	0.7660	0.4651	0.7283
15	140		0.2339	0.6427	0.3173	0.6124
16	150		0.1339	0.4999	0.1412	0.3864
17	160		0.0603	0.3420	-0.0529	0.3395
18	170		0.0151	0.1736	0.0136	0.0846
19	180		1.11E-15	-4.64E-8	-0.1139	1.196E-16
20	190		0.0151	-0.1736	0.0180	-0.1930
21	200		0.0603	-0.3420	-0.0528	-0.3305
22	210		0.1339	-0.5000	0.1412	-0.3864
23	220		0.2339	-0.6427	0.3377	-0.6046
24	230		0.3572	-0.7660	0.3535	-0.8490
25	240		0.50000	-0.86660	0.6089	-0.8911
26	250		0.6579	-0.9396	0.6634	-0.8256
27	260		0.8263	-0.9848	0.9401	-0.9821
28	270		1.0000	-1.0000	1	-0.8861
29	280		1.1736	-0.9848	1.0601	-0.9822
30	290		1.3420	-0.9396	1.3398	-0.9334
31	300		1.5000	-0.8660	1.6089	-0.8260
32	310		1.6427	-0.7660	1.7225	-0.8420
33	320		1.7660	-0.6427	1.8797	-0.6364
34	330		1.8660	-0.49999	1.8733	-0.6138
35	340		1.9396	-0.3420	1.8263	-0.3506
36	350		1.9848	-0.1736	1.9821	-0.2497

Tableau 4-14 : Position de l'extrémité du bras pour le cas rigide et flexible

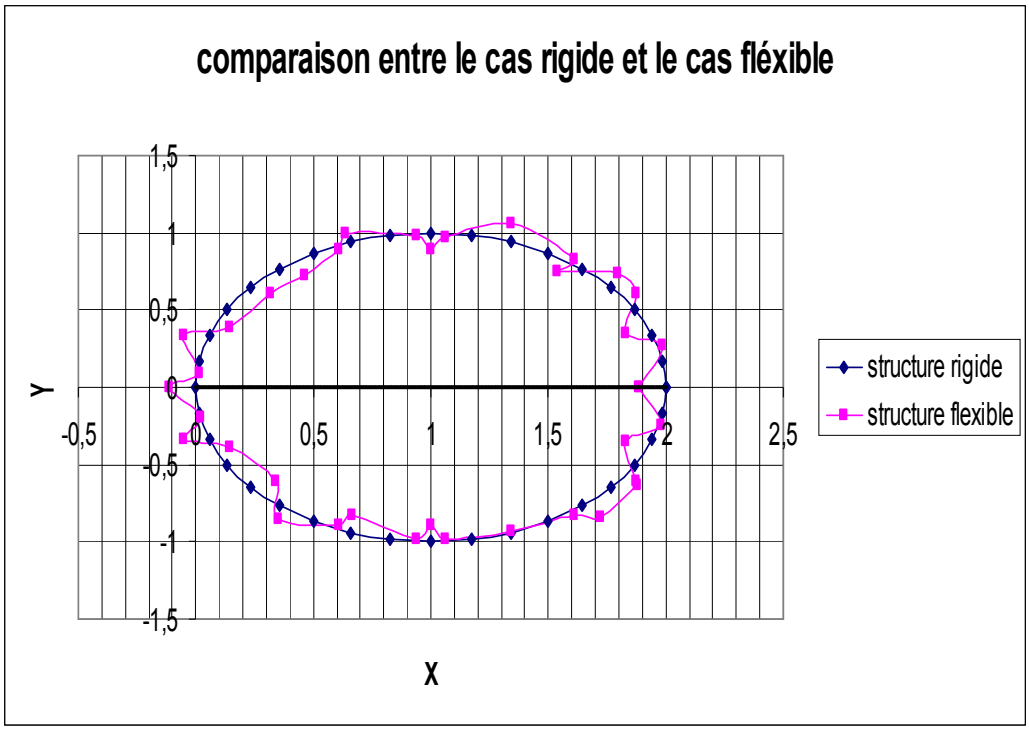


Figure 4-17 : Comparaison modale de l'extrémité du bras entre la structure rigide et la structure flexible

-Position de l'extrémité B pour pulsations w2 et w3 [L= 1m]:

- **Modèle 9noeuds (3ddl/nœud) :**

№	Teta1(°)	Teta2(°)	W2(rd/s)	XB_2(m)	YB_2(m)	W3(rd/s)	XB_3(m)	YB_3(m)
01	0	0	21.913	1.9994	-0.02698	45.462	1.9998	-0.02573
02	10		21.677	1.9802	0.20017	45.547	1.9843	0.19898
03	20		21.083	1.9316	0.36738	45.820	1.9388	0.36619
04	30		20.362	1.8550	0.52379	46.337	1.8648	0.52222
05	40		19.693	1.7529	0.66491	47.218	1.7646	0.66221
06	50		19.156	1.6569	0.74517	48.695	1.6412	0.78172
07	60		18.763	1.5153	0.84649	51.189	1.5015	0.85496
08	70		18.499	1.3581	0.92124	55.291	1.3435	0.93417
09	80		18.349	1.1902	0.96719	60.811	1.1751	0.98451
10	90		18.3	1.0167	0.98296	63.05	1.0114	0.98847
11	100		18.349	0.80947	1.0012	60.811	0.82783	0.98814
12	110		18.499	0.64154	0.95598	55.291	0.65648	0.9372
13	120		18.763	0.51548	0.84927	51.189	0.49848	0.86434
14	130		19.156	0.37157	0.74893	48.695	0.35871	0.7675
15	140		19.693	0.22111	0.66017	47.218	0.23529	0.64469
16	150		20.362	0.12341	0.51809	46.337	0.13506	0.50257
17	160		21.083	0.05270	0.36084	45.82	0.06107	0.34522
18	170		21.677	0.01119	0.19303	45.547	0.01561	0.17729
19	180		21.913	3.13e-17	-0.01963	45.462	4.8e-5	-0.00380
20	190		21.677	0.01119	-0.19303	45.547	0.01486	-0.16997
21	200		21.083	0.05270	-0.36084	45.820	0.059626	-0.33875
22	210		20.362	0.12341	-0.51809	46.337	0.13297	-0.49732
23	220		19.693	0.22111	-0.66017	47.218	0.23270	-0.64075
24	230		19.156	0.37157	-0.74893	48.695	0.35577	-0.76444
25	240		18.763	0.51548	-0.84927	51.184	0.50157	-0.86756
26	250		18.499	0.64154	-0.95598	55.291	0.65952	-0.94205
27	260		18.349	0.80947	-1.0012	60.811	0.82783	-0.98814
28	270		18.3	1.0167	-0.98296	63.050	1.0114	-0.98847
29	280		18.349	1.1902	-0.96719	60.811	1.1722	-0.98499
30	290		18.499	1.3255	-0.95782	55.291	1.3405	-0.94508
31	300		18.763	1.5153	-0.84649	51.189	1.4984	-0.87695
32	310		19.156	1.6569	-0.74517	48.695	1.6442	-0.75022
33	320		19.693	1.7529	-0.66491	47.218	1.7672	-0.62323
34	330		20.362	1.855	-.52379	46.337	1.86669	-0.47767
35	340		21.083	1.9316	-0.36738	45.820	1.9402	-0.31777
36	350		21.677	1.9802	-0.20017	45.547	1.9850	-0.14827

Tableau 4-15 : Position de l'extrémité B pour pulsations propres w2 et w3

№	Teta1(°)	Teta2(°)	W4(rd/s)	XB_4(m)	YB_4(m)
01	0	0	4124.1	2.0001	-1.61e-15
02	10		1353.6	1.9849	0.17213
03	20		1353.9	1.9396	0.3435
04	30		1354.5	1.8662	0.49857
05	40		1355.5	1.7658	0.64414
06	50		1357.5	1.6425	0.76729
07	60		1361.6	1.4997	0.86714
08	70		1372.4	1.3423	0.93877
09	80		1410.5	1.1734	0.98528
10	90		1502.3	1.0002	1.0006
11	100		1410.5	0.82607	0.98508
12	110		1372.4	0.65827	0.93921
13	120		1361.6	0.49973	0.86647
14	130		1357.5	0.35697	0.76642
15	140		1355.5	0.23375	0.6431
16	150		1354.5	0.13413	0.49975
17	160		1353.9	0.06019	0.34222
18	170		1353.6	0.01524	0.17348
19	180		4124.1	-7.07e-5	-3.10e-16
20	190		1353.6	0.015137	-0.17382
21	200		1353.9	0.060416	-0.34182
22	210		1354.5	0.13382	-0.50025
23	220		1355.5	0.23416	-0.64248
24	230		1357.5	0.35746	-0.75566
25	240		1361.6	0.50027	-0.86557
26	250		1372.4	0.65769	-0.94017
27	260		1410.5	0.82663	-0.98454
28	270		1502.3	1.0002	-1.0006
29	280		1410.5	1.1739	-0.98433
30	290		1372.4	1.3423	-0.93877
31	300		1361.6	1.5003	-0.86491
32	310		1357.5	1.643	-0.7648
33	320		1355.5	1.7662	-0.64144
34	330		1354.5	1.8659	-0.50142
35	340		1353.5	1.9398	-0.34054
36	350		1353.6	1.9848	-0.17516

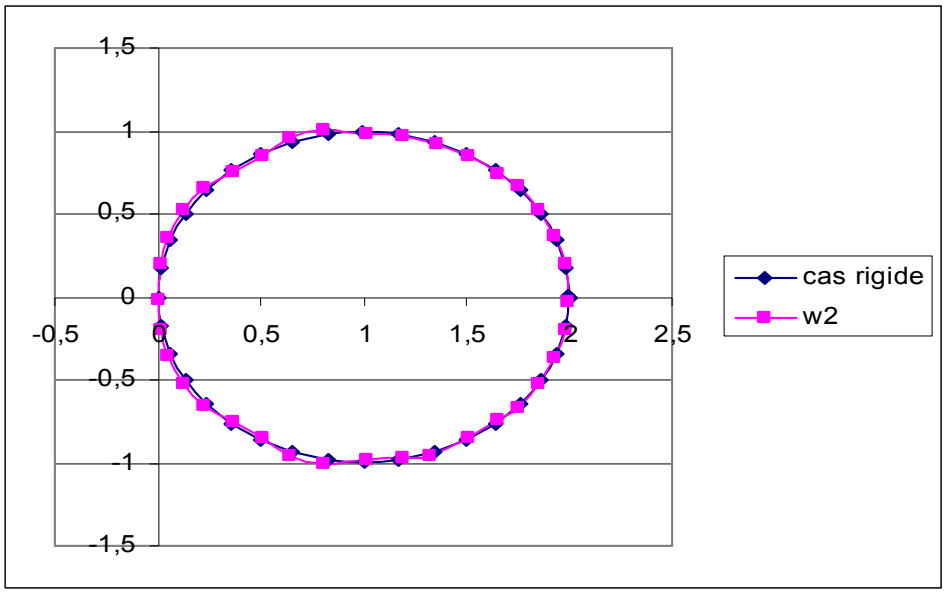
Tableau 4-16 : Position de l'extrémité B pour pulsation propre w4

№	Teta1(°)	Teta2(°)	(w1+w2+w3)/3	
			XB_5(m)	YB_5(m)
01	0	0	1.9617	-0.0175
02	10		1.9829	0.2228
03	20		1.8989	0.3623
04	30		1.8643	0.5532
05	40		1.7709	0.6895
06	50		1.6109	0.7577
07	60		1.5419	0.8425
08	70		1.3474	0.9700
09	80		1.1421	0.9759
10	90		1.0093	0.9525
11	100		0.8590	0.9894
12	110		0.6455	0.9647
13	120		0.5409	0.8682
14	130		0.3984	0.7482
15	140		0.2579	0.6391
16	150		0.1232	0.4690
17	160		0.0202	0.3485
18	170		0.0134	0.1516
19	180		-0.0379	-0.0078
20	190		0.0146	-0.1853
21	200		0.0198	-0.3433
22	210		0.1325	-0.4672
23	220		0.2638	-0.6351
24	230		0.3602	-0.7874
25	240		0.5419	-0.8693
26	250		0.6548	-0.9077
27	260		0.8591	-0.9905
28	270		1.0093	-0.9525
29	280		1.1408	-0.9781
30	290		1.3352	-0.9454
31	300		1.5408	-0.8498
32	310		1.6745	-0.7791
33	320		1.7999	-0.6415
34	330		1.8650	-0.5384
35	340		1.8993	-0.3452
36	350		1.9824	-0.1994

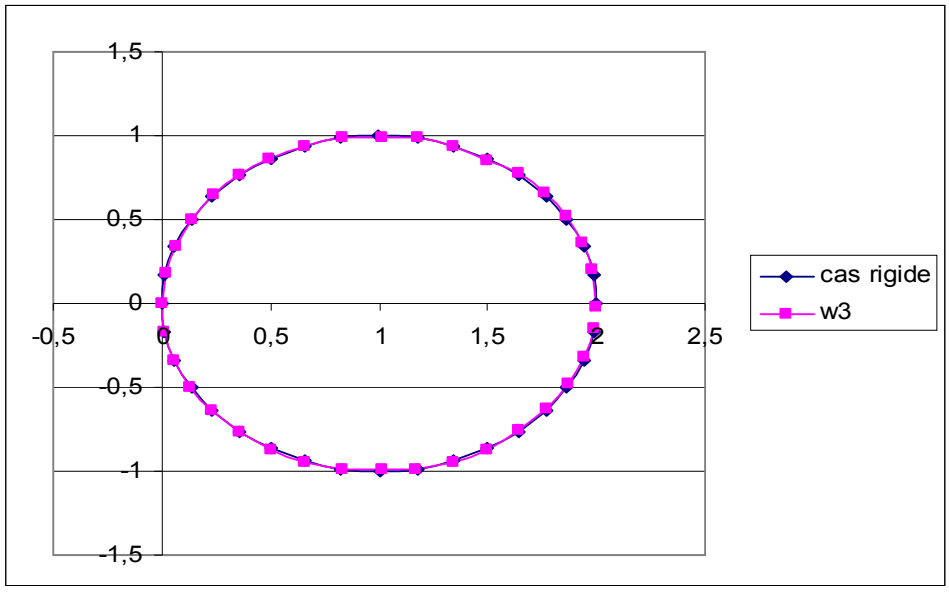
Tableau 4-17 : Position moyenne de l'extrémité B [(w1+w2+w3)/3]

№	Teta1(°)	Teta2(°)	0.6w1+0.2w2+0.2w3	
			XB_6(m)	YB_6(m)
01	0	0	1.9315	-0.0105
02	10		1.9834	0.2415
03	20		1.8698	0.3588
04	30		1.8679	0.5775
05	40		1.7806	0.7102
06	50		1.5804	0.7531
07	60		1.5687	0.8359
08	70		1.3447	1.0039
09	80		1.1097	0.9760
10	90		1.0056	0.9259
11	100		0.8912	0.9853
12	110		0.6427	0.9792
13	120		0.5681	0.8774
14	130		0.4251	0.7402
15	140		0.2817	0.6284
16	150		0.1364	0.4359
17	160		-0.0090	0.3449
18	170		0.0135	0.1248
19	180		-0.0683	-0.0046
20	190		0.0160	-0.1884
21	200		-0.0092	-0.3382
22	210		0.1359	-0.4349
23	220		0.2933	-0.6229
24	230		0.3575	-0.8120
25	240		0.5687	-0.8780
26	250		0.6582	-0.8749
27	260		0.8915	-0.9871
28	270		1.0056	-0.9259
29	280		1.1085	-0.9797
30	290		1.3370	-0.9406
31	300		1.5680	-0.8403
32	310		1.6937	-0.8043
33	320		1.8318	-0.6395
34	330		1.8683	-0.5686
35	340		1.8701	-0.3474
36	350		1.9823	-0.2195

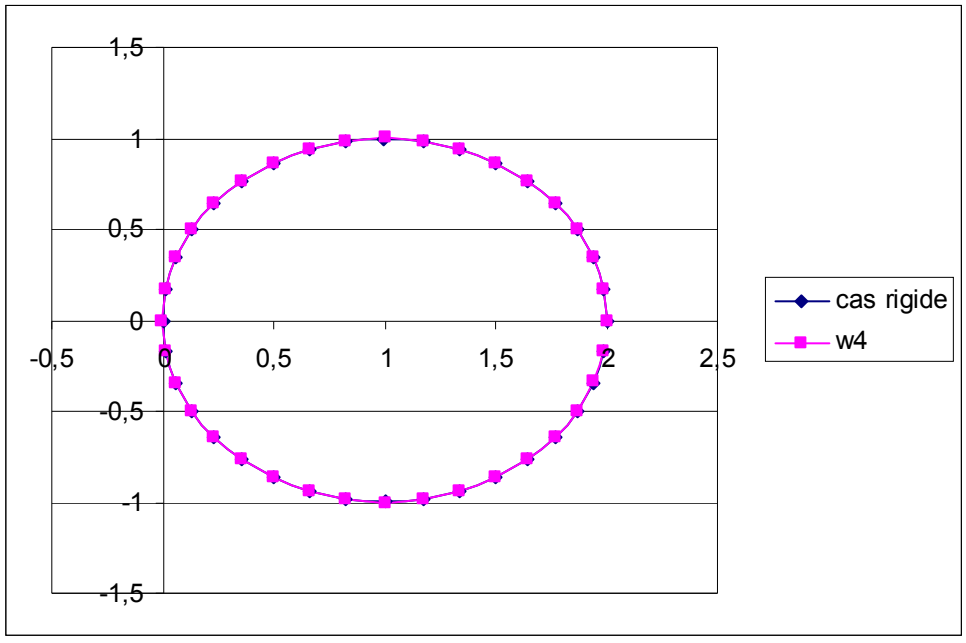
Tableau 4-18 : Position de l'extrémité B [(w1*0.6+w2*0.2+w3*0.2)]


1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-0,5
0
0,5
1
1,5
2
2,5
cas rigide
w2

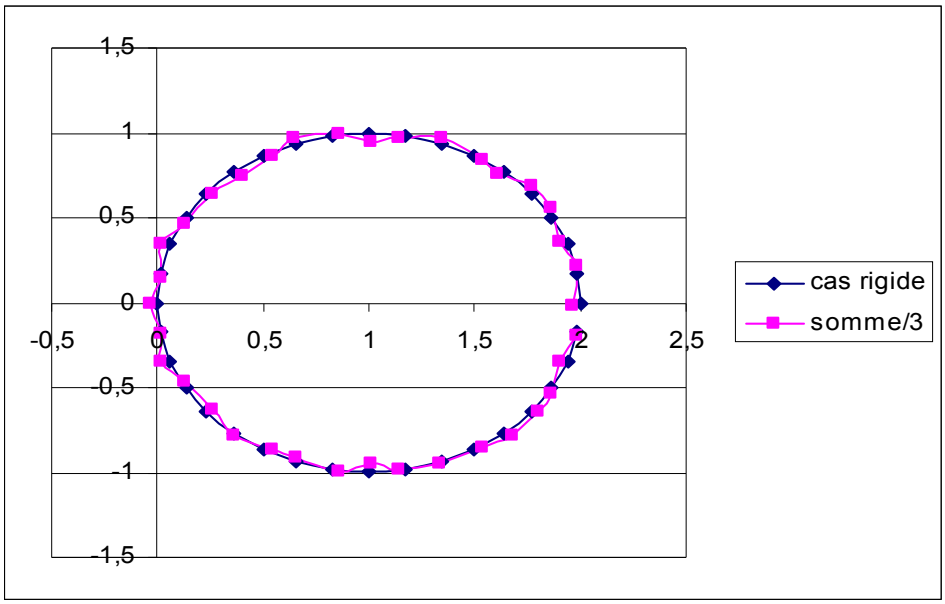
(a)


1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-0,5
0
0,5
1
1,5
2
2,5
cas rigide
w3

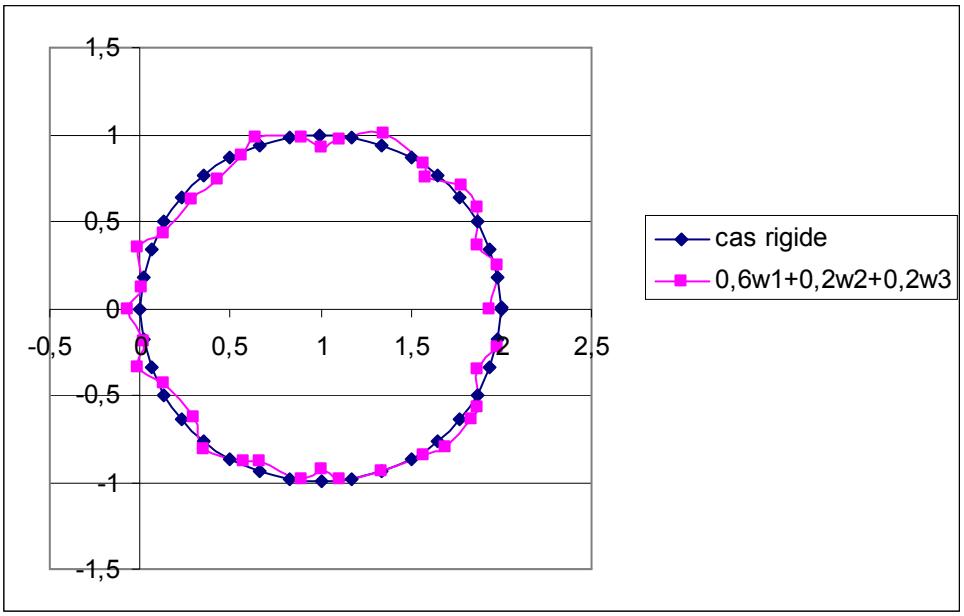
(b)


1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
-1,5
-0,5
0
0,5
1
1,5
2
2,5
cas rigide
w4

(c)



(d)



(e)

Figure 4-18 (a),(b),(c),(d),(e) : Position de l'extrémité B du robot manipulateur (L = 1m)

-Position de l'extrémité B pour pulsation w1 , w2,w3 et w4 [L= 4 m]:

- **Modèle 21noeuds (3ddl/nœud) :**

№	Teta1(°)	Teta2(°)	W1(rd/s)	XB_1(m)	YB_1(m)	W2(rd/s)	XB_2(m)	YB_2(m)
01	0	0	7.0711	8.1841	-3.2e-17	7.6389	7.9998	-0.0490
02	10		7.0728	7.9407	0.6736	7.6389	7.9438	0.6459
03	20		7.0728	7.7556	1.3890	7.6389	7.7680	1.3206
04	30		7.0728	7.4595	2.0208	7.6389	7.4776	1.9544
05	40		7.0728	7.0583	2.5918	7.6389	7.0816	2.5281
06	50		7.0728	6.5642	3.0846	7.6389	6.5920	3.0243
07	60		7.0728	5.9922	3.4843	7.6389	6.0236	3.4279
08	70		7.0728	5.3596	3.7788	7.6389	5.3937	3.7267
09	80		7.0728	4.7033	3.9193	7.6389	4.7215	3.9115
10	90		7.0728	4.0089	3.9803	7.6389	4.0273	3.9767
11	100		7.0728	3.3142	3.9198	7.6389	3.3323	3.9205
12	110		7.0728	2.6403	3.7396	7.6389	2.6576	3.7444
13	120		7.0728	1.9922	3.4830	7.6389	2.0237	3.4538
14	130		7.0728	1.4220	3.0828	7.6389	1.4498	3.0576
15	140		7.0728	0.9415	2.5526	7.6389	0.9534	2.5678
16	150		7.0728	0.5314	2.0184	7.6389	0.5496	1.9992
17	160		7.0728	0.2442	1.3498	7.6389	0.2506	1.3692
18	170		7.0728	0.0623	0.6763	7.6389	0.0655	0.6969
19	180		7.0728	7.01e-16	0.0182	7.6389	1.67e-5	0.0490
20	190		7.0728	0.0623	-0.6763	7.6389	0.0655	-0.6969
21	200		7.0728	0.2381	-1.3864	7.6389	0.2318	-1.3669
22	210		7.0728	0.5314	-2.0184	7.6389	0.5222	-2.0007
23	220		7.0728	0.9415	-2.5526	7.6389	0.9534	-2.5678
24	230		7.0728	1.4357	-3.0454	7.6389	1.4498	-3.0576
25	240		7.0728	2.0077	-3.4451	7.6389	2.0237	-3.4538
26	250		7.0728	2.6235	-3.7778	7.6389	2.6061	-3.7730
27	260		7.0728	3.2965	-3.9585	7.6389	3.2784	-3.9578
28	270		7.0728	3.9910	-4.0195	7.6389	3.9725	-4.0231
29	280		7.0728	4.6857	-3.9590	7.6389	4.6675	-3.9668
30	290		7.0728	5.3596	-3.7788	7.6389	5.3422	-3.7907
31	300		7.0728	6.0077	-3.4438	7.6389	6.0236	-3.4279
32	310		7.0728	6.5779	-3.0436	7.6389	6.5920	-3.0243
33	320		7.0728	7.0698	-2.5504	7.6389	7.0816	-2.5281
34	330		7.0728	7.4685	-1.9792	7.6389	7.4776	-1.9544
35	340		7.0728	7.7556	-1.3890	7.6389	7.7492	-1.4155
36	350		7.0728	7.9376	-0.7155	7.6389	7.9343	-0.7432

Tableau 4-19 : Position de l'extrémité B pour pulsations propres w1 et w2 (L = 4m)

№	Teta1(°)	Teta2(°)	W3(rd/s)	XB_3(m)	YB_3(m)	W4(rd/s)	XB_4(m)	YB_4(m)
01	0	0	8.0512	7.9998	-0.0308	403.72	8.0002	-2.3e-15
02	10		8.0512	7.9329	0.7253	403.72	7.9390	0.6945
03	20		8.0512	7.7708	1.3376	403.72	7.7586	1.3680
04	30		8.0512	7.4817	1.9700	403.72	7.4643	2.0001
05	40		8.0512	7.0869	2.5417	403.72	7.0640	2.5710
06	50		8.0512	6.5983	3.0355	403.72	6.5710	3.0640
07	60		8.0512	6.0307	3.4363	403.72	6.0001	3.4643
08	70		8.0512	5.4014	3.7319	403.72	5.3680	3.7586
09	80		8.0512	4.6595	3.9649	403.72	4.6946	3.9390
10	90		8.0512	4.0355	3.9753	403.72	4.0000	4.0002
11	100		8.0512	3.2703	3.9627	403.72	3.3054	3.9394
12	110		8.0512	2.5984	3.7812	403.72	2.6318	3.7590
13	120		8.0512	2.0308	3.4425	403.72	1.9999	3.4643
14	130		8.0512	1.4561	3.0705	403.72	1.4287	3.0643
15	140		8.0512	0.9129	2.5910	403.72	0.9359	2.5710
16	150		8.0512	0.5536	1.9807	403.72	0.5360	1.9999
17	160		8.0512	0.2290	1.3869	403.72	0.2410	1.3682
18	170		8.0512	0.0545	0.7131	403.72	0.0605	0.6946
19	180		8.0512	3.3e-16	0.0184	403.72	-0.0002	8.6e-16
20	190		8.0512	0.0669	-0.6760	403.72	0.0609	-0.6945
21	200		8.0512	0.2290	-1.3869	403.72	0.2410	-1.3682
22	210		8.0512	0.5181	-2.0193	403.72	0.5360	-1.9999
23	220		8.0512	0.9586	-2.5512	403.72	0.9359	-2.5710
24	230		8.0512	1.4561	-3.0434	403.72	1.4290	-3.0640
25	240		8.0512	2.0308	-3.4425	403.72	2.0001	-3.4639
26	250		8.0512	2.5984	-3.7812	403.72	2.6320	-3.7586
27	260		8.0512	3.2703	-3.9627	403.72	3.3054	-3.9394
28	270		8.0512	4.0355	-3.9753	403.72	4.0000	-3.9998
29	280		8.0512	4.6595	-3.9649	403.72	4.6946	-3.9390
30	290		8.0512	5.3346	-3.7854	403.72	5.3680	-3.7586
31	300		8.0512	6.0307	-3.4363	403.72	5.9999	-3.4639
32	310		8.0512	6.5983	-3.0355	403.72	6.5710	-3.0640
33	320		8.0512	7.0869	-2.5417	403.72	7.0643	-2.5713
34	330		8.0512	7.4817	-1.9700	403.72	7.4639	-1.9999
35	340		8.0512	7.7464	-1.3985	403.72	7.7590	-1.3682
36	350		8.0512	7.9329	-0.7253	403.72	7.9390	-0.6945

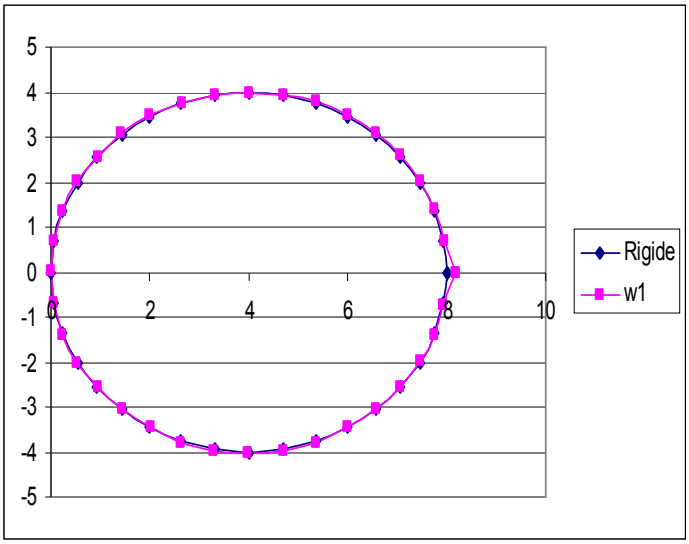
Tableau 4-20 : Position de l'extrémité B pour pulsations propres w3 et w4 (L = 4m)

№	Teta1(°)	Teta2(°)	(w1+w2+w3)/3	
			XB_5(m)	YB_5(m)
01	0	0	8.0612	-0.0266
02	10		7.9391	0.6816
03	20		7.7648	1.3490
04	30		7.4729	1.9817
05	40		7.0756	2.5538
06	50		6.5848	3.0481
07	60		6.0155	3.4495
08	70		5.0515	3.7458
09	80		4.6947	3.9319
10	90		4.0239	3.9774
11	100		3.3056	3.9343
12	110		2.6321	3.7550
13	120		2.0155	3.4597
14	130		1.4426	3.0703
15	140		0.9359	2.5704
16	150		0.5448	1.9994
17	160		0.2413	1.3686
18	170		0.0608	0.6954
19	180		5.5e-6	0.0285
20	190		0.0649	-0.5830
21	200		0.2330	-1.3800
22	210		0.5239	-2.0128
23	220		0.9512	-2.5572
24	230		1.4472	-3.0488
25	240		2.0207	-3.4471
26	250		2.6093	-3.7773
27	260		3.2817	-3.9596
28	270		3.9996	-4.0059
29	280		4.6709	-3.9635
30	290		5.3454	-3.7849
31	300		6.0206	-3.4360
32	310		6.5894	-3.0344
33	320		7.0794	-2.5400
34	330		7.4759	-1.9678
35	340		7.7504	-1.4010
36	350		7.9349	-0.7280

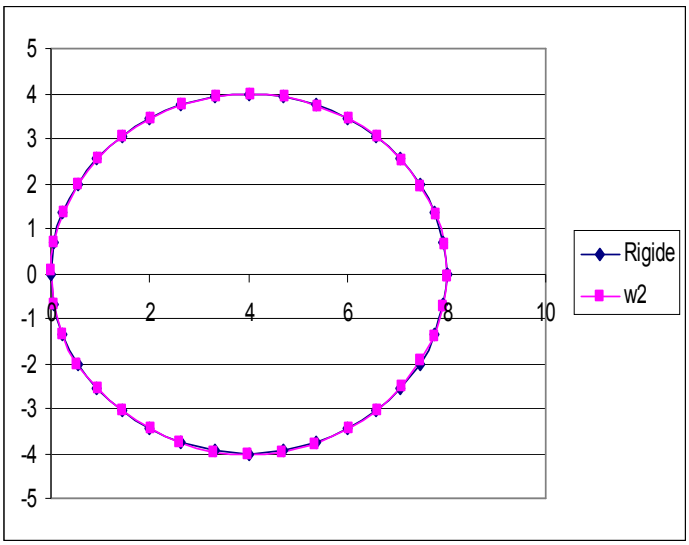
Tableau 4-21 : Position moyenne de l'extrémité B [(w1+w2+w3)/3] (L = 4m)

№	Teta1(°)	Teta2(°)	0.6w1+0.2w2+0.2w3	
			XB_6(m)	YB_6(m)
01	0	0	8.1103	-0.0159
02	10		7.9397	0.6784
03	20		7.7611	1.3650
04	30		7.4675	1.9973
05	40		7.0686	2.5690
06	50		6.5765	3.0627
07	60		6.0061	3.4634
08	70		5.1747	3.7590
09	80		4.6981	3.9268
10	90		4.0179	3.9785
11	100		3.3090	3.9285
12	110		2.6353	3.7488
13	120		2.0062	3.4690
14	130		1.4343	3.0753
15	140		0.9382	2.5633
16	150		0.5395	2.0070
17	160		0.2425	1.3611
18	170		0.0614	0.6878
19	180		0.0000	0.0244
20	190		0.0638	-0.6803
21	200		0.2350	-1.3826
22	210		0.5269	-2.0150
23	220		0.9473	-2.5553
24	230		1.4426	-3.0474
25	240		2.0155	-3.4463
26	250		2.6150	-3.7775
27	260		3.2876	-3.9592
28	270		3.9962	-4.0113
29	280		4.6768	-3.9617
30	290		5.3511	-3.7825
31	300		6.0154	-3.4391
32	310		6.5848	-3.0381
33	320		7.0755	-2.5442
34	330		7.4729	-1.9724
35	340		7.7524	-1.3962
36	350		7.9360	-0.7230

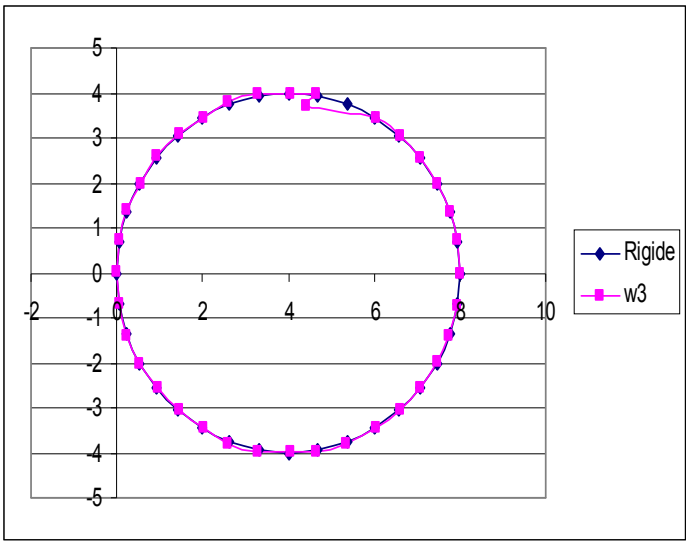
Tableau 4-22 : Position de l'extrémité B [(w1*0.6+w2*0.2+w3*0.2)] (L = 4m)


5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
0
2
4
6
8
10
Rigide
w1

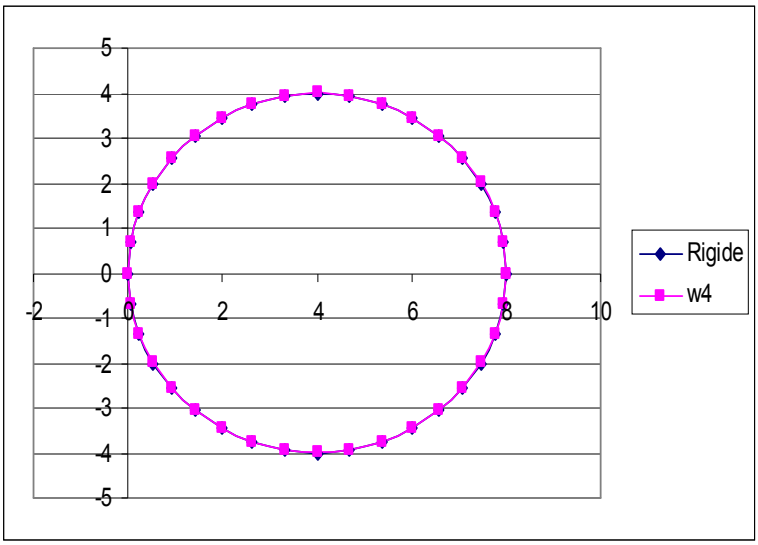
(a)


5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
0
2
4
6
8
10
Rigide
w2

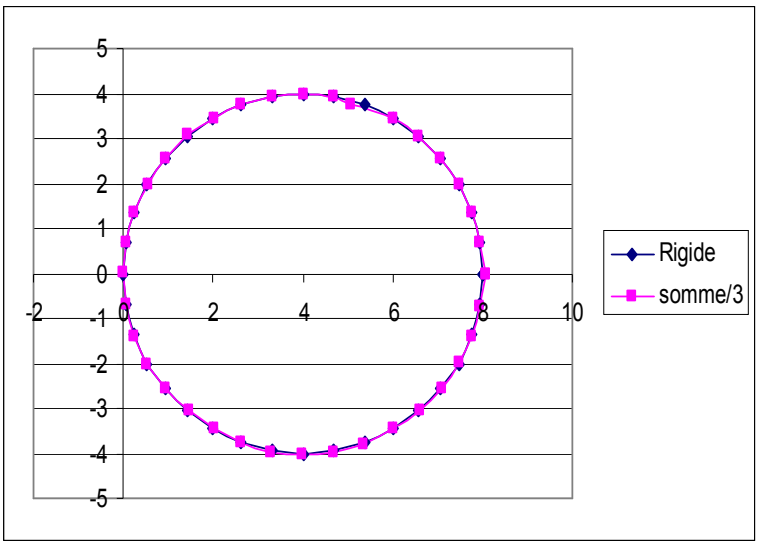
(b)


5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-2
0
2
4
6
8
10
Rigide
w3

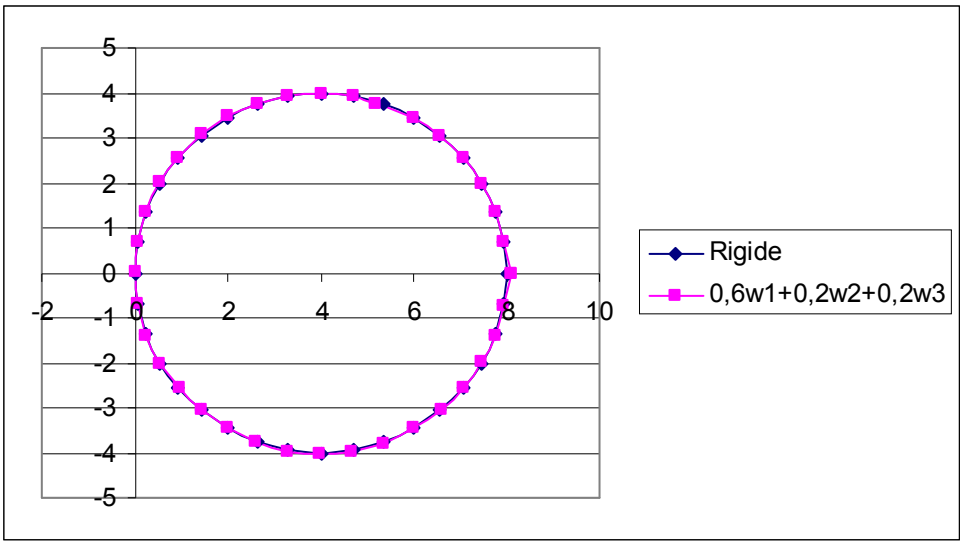
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 4-19 (a),(b),(c),(d),(e),(f) : Position de l'extrémité B du robot manipulateur (L= 4m)

4.7. Conclusion générale et perspective:

La méthode de résolution présentée, permet de trouver facilement les fréquences propres de la structure et la représentation graphique de la structure en chaque mode, dans le cas des vibrations libres non dissipative.

On a débuté par la connaissance des équations dynamiques du mouvement : formulation de Lagrange- Euler, qui permet la description du comportement dynamique du robot. Ces équations sont utilisées pour la simulation par ordinateur afin de décrire le mouvement du robot et d'assurer son contrôle par le maintien de la réponse dynamique en accord avec les performances du système et les objectifs désirés.

Pour trouver les matrices de rigidité et de masse et par la suite les fréquences propres, un exemple d'un manipulateur à deux bras flexibles, est analysé et modélisé par la méthode des éléments finis toute en se basant sur la théorie des poutres.
L'élaboration des programmes qui assure toutes ces calculs, est réalisée sous le logiciel Matlab d'où l'importance de l'outil informatique.

Tenant compte de l'étude faite pour le cas bidimensionnel et tridimensionnel pour les deux modèles (l'un à neuf nœuds et l'autre à vingt-et-un nœuds), a permis de tester l'efficacité de nos programmes et par la suite retirer la fameuse conclusion suivante : plus on augmente le nombre d'éléments de la structure et en élargissant le nombre de degrés de libertés, plus on se rapproche des valeurs réels des fréquences propres de la structure étudiée.

Une étude est élaborée dont le but de faire une comparaison entre la structure rigide et la structure flexible, pour ce faire deux cas sont étudiés :

- L = 1m
- L = 4m

Cette étude a montré que la position de l'extrémité du bras du robot dans le cas flexible est sensible à la première pulsation propre et ce, pour les deux cas étudiés, d'òu la nécessité du contrôle dans cette gamme des basses pulsations propres.