

réfraction dans une solution inhomogène de sucre
échelle : 1000 pixels pour 10 cm

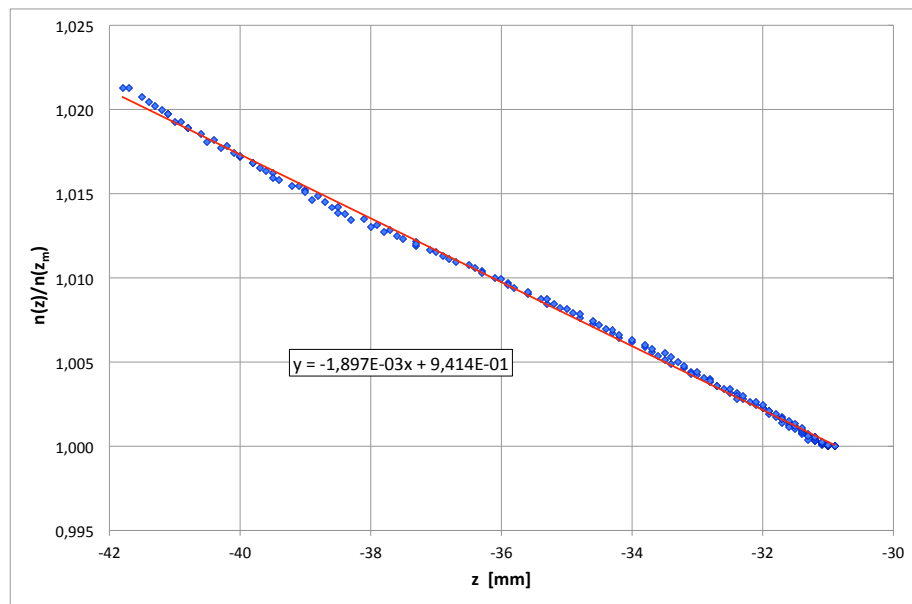
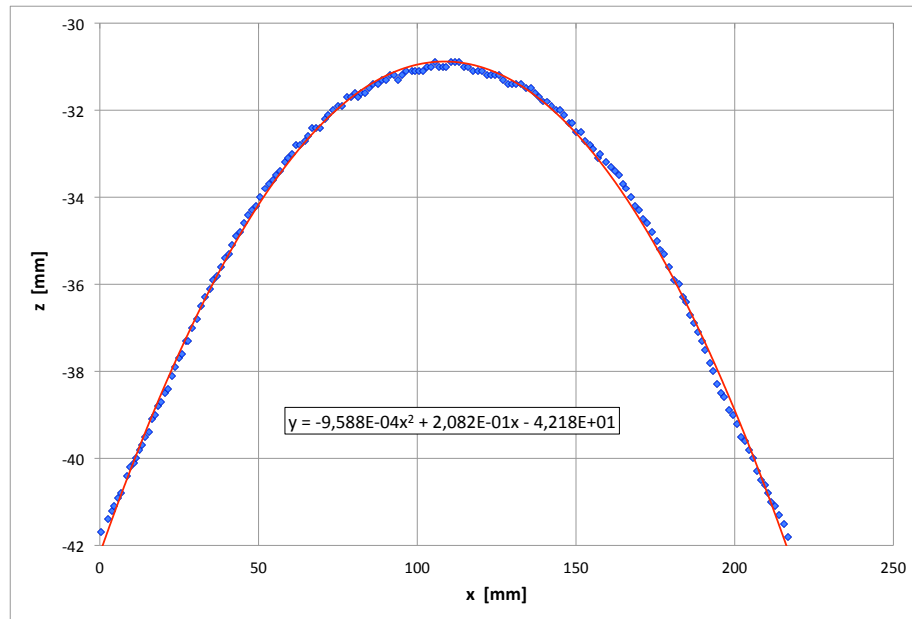
	x [px]	z [px]	x [mm]	z [mm]
origine	132	940		
	137	1357	0,5	-41,7
	158	1354	2,6	-41,4
	171	1352	3,9	-41,2
	177	1351	4,5	-41,1
	189	1349	5,7	-40,9
	199	1348	6,7	-40,8
	219	1344	8,7	-40,4
	228	1342	9,6	-40,2
	240	1341	10,8	-40,1
	247	1340	11,5	-40,0
	257	1338	12,5	-39,8
	265	1337	13,3	-39,7
	275	1335	14,3	-39,5
	287	1334	15,5	-39,4
	297	1331	16,5	-39,1
	305	1330	17,3	-39,0
	315	1328	18,3	-38,8
	326	1327	19,4	-38,7
	336	1325	20,4	-38,5
	348	1324	21,6	-38,4
	358	1321	22,6	-38,1
	369	1319	23,7	-37,9
	380	1317	24,8	-37,7
	391	1316	25,9	-37,6
	402	1313	27,0	-37,3
	411	1313	27,9	-37,3
	423	1310	29,1	-37,0
	438	1308	30,6	-36,8
	451	1305	31,9	-36,5
	464	1303	33,2	-36,3
	478	1301	34,6	-36,1
	490	1299	35,8	-35,9
	501	1298	36,9	-35,8
	515	1296	38,3	-35,6
	527	1294	39,5	-35,4
	538	1293	40,6	-35,3
	549	1291	41,7	-35,1
	561	1289	42,9	-34,9
	572	1288	44,0	-34,8
	587	1286	45,5	-34,6
	600	1284	46,8	-34,4
	612	1283	48,0	-34,3
	625	1282	49,3	-34,2
	636	1280	50,4	-34,0
	651	1278	51,9	-33,8
	665	1277	53,3	-33,7
	678	1276	54,6	-33,6
	688	1275	55,6	-33,5
	701	1274	56,9	-33,4
	714	1272	58,2	-33,2
	726	1271	59,4	-33,1
	738	1270	60,6	-33,0
	751	1268	61,9	-32,8
	762	1268	63,0	-32,8
	777	1267	64,5	-32,7
	789	1266	65,7	-32,6
	801	1264	66,9	-32,4
	813	1264	68,1	-32,4
	826	1264	69,4	-32,4
	840	1262	70,8	-32,2
	852	1261	72,0	-32,1
	867	1260	73,5	-32,0
	882	1259	75,0	-31,9
	895	1259	76,3	-31,9
	910	1257	77,8	-31,7
	922	1257	79,0	-31,7
	935	1256	80,3	-31,6
	946	1257	81,4	-31,7
	955	1256	82,3	-31,6
	968	1256	83,6	-31,6
	981	1255	84,9	-31,5
	993	1254	86,1	-31,4
	1008	1254	87,6	-31,4
	1021	1253	88,9	-31,3
	1034	1253	90,2	-31,3
	1047	1252	91,5	-31,2
	1060	1252	92,8	-31,2
	1072	1253	94,0	-31,3
	1085	1252	95,3	-31,2
	1098	1251	96,6	-31,1
	1115	1251	98,3	-31,1
	1125	1251	99,3	-31,1
	1138	1251	100,6	-31,1
	1151	1251	101,9	-31,1
	1162	1250	103,0	-31,0
	1175	1250	104,3	-31,0
	1187	1249	105,5	-30,9
	1200	1250	106,8	-31,0
	1213	1250	108,1	-31,0
	1223	1250	109,1	-31,0
	1238	1249	110,6	-30,9
	1250	1249	111,8	-30,9
	1263	1249	113,1	-30,9
	1278	1250	114,6	-31,0
	1293	1250	116,1	-31,0

Les mesures ont été faites avec "Graphic Converter", mais "Gimp" ou "Plot Digitizer" peuvent aussi convenir : il suffit d'un logiciel de dessin disposant de repères et indiquant les coordonnées du pointeur de la souris.

La cuve est remplie d'eau sucrée, en commençant par une forte concentration au fond, puis en ajoutant délicatement (pour mélanger le moins possible) des couches d'eau de moins en moins sucrée. Le faisceau laser est ainsi dévié vers le bas.

1309	1251	117,7	-31,1
1323	1251	119,1	-31,1
1336	1251	120,4	-31,1
1351	1252	121,9	-31,2
1364	1252	123,2	-31,2
1378	1252	124,6	-31,2
1390	1252	125,8	-31,2
1403	1253	127,1	-31,3
1417	1254	128,5	-31,4
1430	1254	129,8	-31,4
1444	1254	131,2	-31,4
1459	1254	132,7	-31,4
1474	1255	134,2	-31,5
1489	1255	135,7	-31,5
1504	1256	137,2	-31,6
1514	1257	138,2	-31,7
1528	1258	139,6	-31,8
1542	1258	141,0	-31,8
1555	1259	142,3	-31,9
1568	1260	143,6	-32,0
1582	1260	145,0	-32,0
1595	1261	146,3	-32,1
1609	1263	147,7	-32,3
1621	1263	148,9	-32,3
1633	1265	150,1	-32,5
1647	1265	151,5	-32,5
1661	1267	152,9	-32,7
1676	1268	154,4	-32,8
1687	1269	155,5	-32,9
1701	1271	156,9	-33,1
1709	1270	157,7	-33,0
1726	1272	159,4	-33,2
1741	1273	160,9	-33,3
1755	1274	162,3	-33,4
1767	1275	163,5	-33,5
1780	1277	164,8	-33,7
1791	1278	165,9	-33,8
1804	1280	167,2	-34,0
1818	1282	168,6	-34,2
1831	1283	169,9	-34,3
1844	1285	171,2	-34,5
1856	1286	172,4	-34,6
1872	1288	174,0	-34,8
1886	1290	175,4	-35,0
1897	1292	176,5	-35,2
1910	1293	177,8	-35,3
1925	1296	179,3	-35,6
1942	1299	181,0	-35,9
1955	1300	182,3	-36,0
1968	1303	183,6	-36,3
1978	1304	184,6	-36,4
1991	1307	185,9	-36,7
2003	1309	187,1	-36,9
2016	1311	188,4	-37,1
2028	1313	189,6	-37,3
2039	1315	190,7	-37,5
2053	1318	192,1	-37,8
2063	1320	193,1	-38,0
2076	1323	194,4	-38,3
2088	1325	195,6	-38,5
2099	1326	196,7	-38,6
2113	1329	198,1	-38,9
2127	1330	199,5	-39,0
2138	1332	200,6	-39,2
2152	1335	202,0	-39,5
2165	1336	203,3	-39,6
2178	1338	204,6	-39,8
2190	1340	205,8	-40,0
2203	1343	207,1	-40,3
2214	1345	208,2	-40,5
2226	1346	209,4	-40,6
2236	1348	210,4	-40,8
2246	1350	211,4	-41,0
2259	1351	212,7	-41,1
2271	1353	213,9	-41,3
2286	1355	215,4	-41,5
2299	1358	216,7	-41,8

a [mm ⁻¹]	z'	sin(θ)	n(z)/n(z _m)
-9,588E-04	0,2072	0,979	1,02125
b	0,2032	0,980	1,02044
2,082E-01	0,2007	0,980	1,01995
	0,1996	0,981	1,01972
c [mm]	0,1973	0,981	1,01927
-4,218E+01	0,1954	0,981	1,01890
	0,1915	0,982	1,01817
z_m [mm]	0,1898	0,982	1,01785
-30,9	0,1875	0,983	1,01742
	0,1861	0,983	1,01718
	0,1842	0,983	1,01683
	0,1827	0,984	1,01655
	0,1808	0,984	1,01621
	0,1785	0,984	1,01580
	0,1766	0,985	1,01547
	0,1750	0,985	1,01520
	0,1731	0,985	1,01487
	0,1710	0,986	1,01451
	0,1691	0,986	1,01419
	0,1668	0,986	1,01381
	0,1649	0,987	1,01350
	0,1628	0,987	1,01316
	0,1606	0,987	1,01282
	0,1585	0,988	1,01249
	0,1564	0,988	1,01216
	0,1547	0,988	1,01190
	0,1524	0,989	1,01155
	0,1495	0,989	1,01112
	0,1470	0,989	1,01075
	0,1445	0,990	1,01039
	0,1419	0,990	1,01001
	0,1395	0,990	1,00969
	0,1374	0,991	1,00940
	0,1348	0,991	1,00904
	0,1325	0,991	1,00873
	0,1303	0,992	1,00846
	0,1282	0,992	1,00819
	0,1259	0,992	1,00790
	0,1238	0,992	1,00764
	0,1209	0,993	1,00729
	0,1185	0,993	1,00699
	0,1162	0,993	1,00672
	0,1137	0,994	1,00644
	0,1116	0,994	1,00620
	0,1087	0,994	1,00589
	0,1060	0,994	1,00560
	0,1035	0,995	1,00534
	0,1016	0,995	1,00515
	0,0991	0,995	1,00490
	0,0966	0,995	1,00465
	0,0943	0,996	1,00444
	0,0920	0,996	1,00422
	0,0895	0,996	1,00400
	0,0874	0,996	1,00381
	0,0845	0,996	1,00357
	0,0822	0,997	1,00337
	0,0799	0,997	1,00319
	0,0776	0,997	1,00301
	0,0751	0,997	1,00282
	0,0724	0,997	1,00262
	0,0701	0,998	1,00246
	0,0673	0,998	1,00226
	0,0644	0,998	1,00207
	0,0619	0,998	1,00191
	0,0590	0,998	1,00174
	0,0567	0,998	1,00161
	0,0542	0,999	1,00147
	0,0521	0,999	1,00136
	0,0504	0,999	1,00127
	0,0479	0,999	1,00115
	0,0454	0,999	1,00103
	0,0431	0,999	1,00093
	0,0402	0,999	1,00081
	0,0377	0,999	1,00071
	0,0352	0,999	1,00062
	0,0327	0,999	1,00054
	0,0302	1,000	1,00046
	0,0279	1,000	1,00039
	0,0255	1,000	1,00032
	0,0230	1,000	1,00026
	0,0197	1,000	1,00019
	0,0178	1,000	1,00016
	0,0153	1,000	1,00012
	0,0128	1,000	1,00008
	0,0107	1,000	1,00006
	0,0082	1,000	1,00003
	0,0059	1,000	1,00002
	0,0034	1,000	1,00001
	0,0009	1,000	1,00000
	-0,0010	1,000	1,00000
	-0,0039	1,000	1,00001
	-0,0062	1,000	1,00002
	-0,0087	1,000	1,00004
	-0,0116	1,000	1,00007
	-0,0144	1,000	1,00010



Ne connaissant pas la variation précise de la concentration en fonction de la profondeur, on utilise inversement le trajet de la lumière pour l'étudier.

Par rapport à l'indice de l'eau pure, la variation est proportionnell à la concentration en sucre.

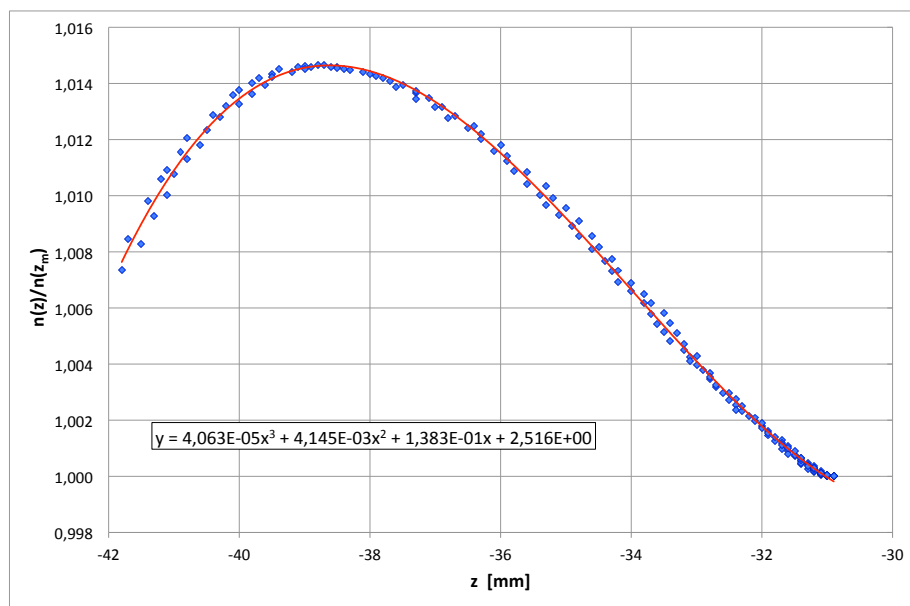
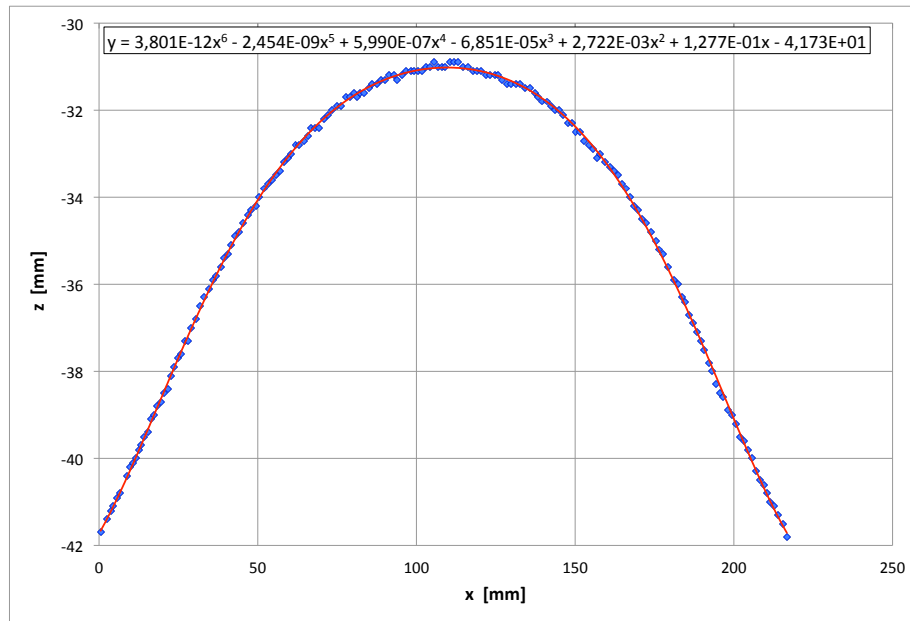
En première approximation, la courbe est parabolique ; on ajuste une parabole $z(x)$ dont l'équation permet de déduire la pente $z'(x) = \tan(\alpha(z))$ où α est l'angle par rapport à l'horizontale.

La loi de Snell-Descartes donne : $n(z) \sin(\theta(z)) = \text{Cste}$ où θ est l'angle par rapport à la verticale : $n(z)$ varie proportionnellement à $1/\sin(\theta) = 1/\cos(\alpha) = \sqrt{1 + z'^2}$.

Avec cette approximation parabolique, il semble que l'indice varie de façon approximativement affine en fonction de z (et donc de même pour la concentration du sucre). Ce résultat semble raisonnablement convaincant, dans la mesure où les variations sont quasi identiques à la montée et à la descente.

-0,0175	1,000	1,00015
-0,0202	1,000	1,00020
-0,0227	1,000	1,00026
-0,0256	1,000	1,00033
-0,0280	1,000	1,00039
-0,0307	1,000	1,00047
-0,0330	0,999	1,00055
-0,0355	0,999	1,00063
-0,0382	0,999	1,00073
-0,0407	0,999	1,00083
-0,0434	0,999	1,00094
-0,0463	0,999	1,00107
-0,0491	0,999	1,00121
-0,0520	0,999	1,00135
-0,0549	0,998	1,00151
-0,0568	0,998	1,00161
-0,0595	0,998	1,00177
-0,0622	0,998	1,00193
-0,0647	0,998	1,00209
-0,0672	0,998	1,00225
-0,0699	0,998	1,00244
-0,0723	0,997	1,00261
-0,0750	0,997	1,00281
-0,0773	0,997	1,00299
-0,0796	0,997	1,00317
-0,0823	0,997	1,00338
-0,0850	0,996	1,00361
-0,0879	0,996	1,00385
-0,0900	0,996	1,00404
-0,0927	0,996	1,00428
-0,0942	0,996	1,00443
-0,0975	0,995	1,00474
-0,1003	0,995	1,00502
-0,1030	0,995	1,00529
-0,1053	0,994	1,00553
-0,1078	0,994	1,00580
-0,1099	0,994	1,00602
-0,1124	0,994	1,00630
-0,1151	0,993	1,00660
-0,1176	0,993	1,00689
-0,1201	0,993	1,00719
-0,1224	0,993	1,00746
-0,1255	0,992	1,00784
-0,1281	0,992	1,00818
-0,1303	0,992	1,00845
-0,1327	0,991	1,00877
-0,1356	0,991	1,00916
-0,1389	0,990	1,00960
-0,1414	0,990	1,00994
-0,1439	0,990	1,01030
-0,1458	0,990	1,01057
-0,1483	0,989	1,01093
-0,1506	0,989	1,01127
-0,1531	0,988	1,01165
-0,1554	0,988	1,01200
-0,1575	0,988	1,01233
-0,1602	0,987	1,01275
-0,1621	0,987	1,01305
-0,1646	0,987	1,01345
-0,1669	0,986	1,01383
-0,1690	0,986	1,01418
-0,1717	0,986	1,01463
-0,1744	0,985	1,01509
-0,1765	0,985	1,01545
-0,1792	0,984	1,01592
-0,1816	0,984	1,01636
-0,1841	0,983	1,01681
-0,1864	0,983	1,01723
-0,1889	0,983	1,01769
-0,1910	0,982	1,01809
-0,1933	0,982	1,01852
-0,1953	0,981	1,01889
-0,1972	0,981	1,01925
-0,1997	0,981	1,01974
-0,2020	0,980	1,02019
-0,2049	0,980	1,02077
-0,2073	0,979	1,02127

a [mm⁻³]	z'	sin(θ)	n(z)/n(z_m)
3,801E-12			
	0,1304	0,992	1,00846
b [mm⁻⁴]	0,1405	0,990	1,00982
-2,454E-09	0,1459	0,990	1,01059
	0,1482	0,989	1,01093
c [mm⁻³]	0,1525	0,989	1,01156
5,990E-07	0,1556	0,988	1,01204
	0,1610	0,987	1,01288
d [mm⁻²]	0,1630	0,987	1,01320
-6,851E-05	0,1654	0,987	1,01358
	0,1666	0,986	1,01378
e [mm⁻¹]	0,1680	0,986	1,01402
2,722E-03	0,1690	0,986	1,01418
	0,1700	0,986	1,01435
f	0,1709	0,986	1,01450
1,277E-01	0,1715	0,986	1,01459
	0,1717	0,986	1,01464
g [mm]	0,1718	0,986	1,01466
-4,173E+01	0,1718	0,986	1,01465
	0,1715	0,986	1,01460
	0,1710	0,986	1,01451
	0,1703	0,986	1,01441
	0,1695	0,986	1,01426
	0,1684	0,986	1,01408
	0,1672	0,986	1,01388
	0,1658	0,987	1,01366
	0,1646	0,987	1,01345
	0,1628	0,987	1,01316
	0,1603	0,987	1,01277
	0,1580	0,988	1,01241
	0,1556	0,988	1,01203
	0,1528	0,989	1,01161
	0,1503	0,989	1,01123
	0,1479	0,989	1,01088
	0,1448	0,990	1,01043
	0,1420	0,990	1,01004
	0,1395	0,990	1,00968
	0,1368	0,991	1,00932
	0,1339	0,991	1,00893
	0,1312	0,992	1,00857
	0,1275	0,992	1,00809
	0,1242	0,992	1,00768
	0,1211	0,993	1,00731
	0,1178	0,993	1,00692
	0,1150	0,993	1,00659
	0,1111	0,994	1,00616
	0,1076	0,994	1,00577
	0,1042	0,995	1,00542
	0,1017	0,995	1,00516
	0,0984	0,995	1,00483
	0,0952	0,996	1,00452
	0,0922	0,996	1,00424
	0,0892	0,996	1,00397
	0,0860	0,996	1,00369
	0,0834	0,997	1,00347
	0,0798	0,997	1,00318
	0,0770	0,997	1,00296
	0,0742	0,997	1,00275
	0,0715	0,997	1,00255
	0,0686	0,998	1,00235
	0,0655	0,998	1,00214
	0,0629	0,998	1,00198
	0,0597	0,998	1,00178
	0,0566	0,998	1,00160
	0,0540	0,999	1,00145
	0,0510	0,999	1,00130
	0,0486	0,999	1,00118
	0,0462	0,999	1,00106
	0,0441	0,999	1,00097
	0,0424	0,999	1,00090
	0,0401	0,999	1,00080
	0,0378	0,999	1,00071
	0,0357	0,999	1,00064
	0,0332	0,999	1,00055
	0,0310	1,000	1,00048
	0,0289	1,000	1,00042
	0,0268	1,000	1,00036
	0,0247	1,000	1,00031
	0,0228	1,000	1,00026
	0,0209	1,000	1,00022
	0,0189	1,000	1,00018
	0,0164	1,000	1,00013
	0,0149	1,000	1,00011
	0,0130	1,000	1,00008
	0,0111	1,000	1,00006
	0,0095	1,000	1,00005
	0,0077	1,000	1,00003
	0,0060	1,000	1,00002
	0,0041	1,000	1,00001
	0,0023	1,000	1,00000
	0,0008	1,000	1,00000
	-0,0013	1,000	1,00000
	-0,0030	1,000	1,00000
	-0,0049	1,000	1,00001
	-0,0071	1,000	1,00003
	-0,0093	1,000	1,00004



L'approximation parabolique précédente semble améliorable ; une observation attentive permet de détecter une légère augmentation de la pente au début, avant la diminution prépondérante (et inversement à la fin).

L'ajustement d'un polynôme de degré 4 (forcément pair d'après la symétrie) n'apporte pas d'amélioration ; un polynôme de degré 6 s'ajuste par contre nettement mieux.

Avec cette approximation, il semble que l'indice augmente d'abord avec z au voisinage du fond, puis rediminue dans la partie plus proche de la surface. Ce résultat semble raisonnablement convaincant, dans la mesure où les variations sont quasi identiques à la montée et à la descente.

Ceci suggère que les couches de liquide du fond se sont plus ou moins mélangées lors de la préparation (très délicate) de la superposition de couches successives de concentrations décroissantes.

-0,0117	1,000	1,00007
-0,0138	1,000	1,00010
-0,0158	1,000	1,00012
-0,0181	1,000	1,00016
-0,0202	1,000	1,00020
-0,0225	1,000	1,00025
-0,0245	1,000	1,00030
-0,0267	1,000	1,00036
-0,0291	1,000	1,00042
-0,0313	1,000	1,00049
-0,0338	0,999	1,00057
-0,0366	0,999	1,00067
-0,0394	0,999	1,00078
-0,0423	0,999	1,00089
-0,0453	0,999	1,00102
-0,0473	0,999	1,00112
-0,0502	0,999	1,00126
-0,0531	0,999	1,00141
-0,0559	0,998	1,00156
-0,0587	0,998	1,00172
-0,0618	0,998	1,00191
-0,0648	0,998	1,00210
-0,0680	0,998	1,00231
-0,0709	0,997	1,00251
-0,0737	0,997	1,00271
-0,0771	0,997	1,00297
-0,0806	0,997	1,00324
-0,0843	0,996	1,00355
-0,0871	0,996	1,00379
-0,0907	0,996	1,00410
-0,0927	0,996	1,00429
-0,0971	0,995	1,00471
-0,1011	0,995	1,00509
-0,1047	0,995	1,00547
-0,1079	0,994	1,00580
-0,1113	0,994	1,00618
-0,1142	0,994	1,00650
-0,1177	0,993	1,00690
-0,1213	0,993	1,00734
-0,1247	0,992	1,00775
-0,1281	0,992	1,00817
-0,1312	0,992	1,00856
-0,1352	0,991	1,00909
-0,1386	0,991	1,00956
-0,1413	0,990	1,00993
-0,1443	0,990	1,01036
-0,1477	0,989	1,01085
-0,1514	0,989	1,01140
-0,1541	0,988	1,01181
-0,1567	0,988	1,01220
-0,1585	0,988	1,01249
-0,1608	0,987	1,01285
-0,1628	0,987	1,01316
-0,1647	0,987	1,01347
-0,1663	0,986	1,01374
-0,1676	0,986	1,01395
-0,1690	0,986	1,01418
-0,1699	0,986	1,01432
-0,1707	0,986	1,01446
-0,1712	0,986	1,01455
-0,1715	0,986	1,01459
-0,1715	0,986	1,01459
-0,1710	0,986	1,01452
-0,1704	0,986	1,01441
-0,1692	0,986	1,01421
-0,1677	0,986	1,01396
-0,1657	0,987	1,01363
-0,1634	0,987	1,01327
-0,1605	0,987	1,01280
-0,1577	0,988	1,01236
-0,1541	0,988	1,01181
-0,1508	0,989	1,01131
-0,1472	0,989	1,01077
-0,1419	0,990	1,01001
-0,1364	0,991	1,00926
-0,1288	0,992	1,00826
-0,1215	0,993	1,00735