

Effet mirage Méthode d'Euler

λ (m⁻¹)
10,00



h (m)
2,00

n_0
1,10

$\Delta n / (n_0 - 1)$
0,50

K
1,10

i_0 (°)
92,6



h_0 (m)
-4,46

K
1,10

i_0 (°)
90,5



h_0 (m)
0,61

x (m)	z (m)	dz/dx	$n(z)$	dn/dz (m ⁻¹)	d^2z/dx^2	z (m)	dz/dx	$n(z)$	dn/dz (m ⁻¹)	d^2z/dx^2
0,00	4,00	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,00	-0,01	1,0999977	0,000499	0,000454
1,00	3,95	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,99	-0,01	1,0999975	0,000545	0,000495
2,00	3,91	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,98	-0,01	1,0999973	0,000592	0,000538
3,00	3,86	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,98	-0,01	1,0999971	0,000640	0,000582
4,00	3,82	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,97	-0,01	1,0999969	0,000688	0,000625
5,00	3,77	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,96	-0,01	1,0999967	0,000735	0,000668
6,00	3,73	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,96	-0,01	1,0999965	0,000781	0,000710
7,00	3,68	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,95	0,00	1,0999963	0,000824	0,000749
8,00	3,64	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,95	0,00	1,0999961	0,000863	0,000785
9,00	3,59	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999959	0,000898	0,000816
10,00	3,55	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999958	0,000926	0,000842
11,00	3,50	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999957	0,000948	0,000862
12,00	3,46	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,93	0,00	1,0999956	0,000962	0,000874
13,00	3,41	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,93	0,00	1,0999956	0,000967	0,000879
14,00	3,36	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,93	0,00	1,0999956	0,000965	0,000877
15,00	3,32	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999957	0,000954	0,000867
16,00	3,27	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999958	0,000934	0,000850
17,00	3,23	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999959	0,000908	0,000825
18,00	3,18	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,94	0,00	1,0999960	0,000874	0,000795
19,00	3,14	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,95	0,01	1,0999962	0,000835	0,000759
20,00	3,09	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,95	0,01	1,0999964	0,000792	0,000720
21,00	3,05	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,96	0,01	1,0999966	0,000745	0,000677
22,00	3,00	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,97	0,01	1,0999968	0,000695	0,000632
23,00	2,96	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,97	0,01	1,0999971	0,000645	0,000586
24,00	2,91	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,98	0,01	1,0999973	0,000594	0,000540
25,00	2,86	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	0,99	0,01	1,0999975	0,000545	0,000495

26,00	2,82	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,00	0,01	1,0999977	0,000496	0,000451
27,00	2,77	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,01	0,01	1,0999980	0,000450	0,000409
28,00	2,73	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,02	0,01	1,0999982	0,000406	0,000369
29,00	2,68	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,03	0,01	1,0999983	0,000365	0,000332
30,00	2,64	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,04	0,01	1,0999985	0,000327	0,000298
31,00	2,59	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,05	0,01	1,0999987	0,000292	0,000266
32,00	2,55	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,07	0,01	1,0999988	0,000260	0,000236
33,00	2,50	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,08	0,01	1,0999990	0,000231	0,000210
34,00	2,46	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,09	0,01	1,0999991	0,000205	0,000186
35,00	2,41	-0,05	1,10000000000	0,000000000	0,000000000	1,10	0,01	1,0999992	0,000181	0,000164
36,00	2,37	-0,05	1,10000000000	0,000000001	0,000000001	1,11	0,01	1,0999993	0,000159	0,000145
37,00	2,32	-0,05	1,10000000000	0,000000001	0,000000001	1,13	0,01	1,0999994	0,000140	0,000128
38,00	2,27	-0,05	1,09999999999	0,000000001	0,000000001	1,14	0,01	1,0999994	0,000124	0,000112
39,00	2,23	-0,05	1,09999999999	0,000000002	0,000000002	1,15	0,01	1,0999995	0,000108	0,000099
40,00	2,18	-0,05	1,09999999998	0,000000004	0,000000003	1,17	0,01	1,0999996	0,000095	0,000087
41,00	2,14	-0,05	1,09999999997	0,000000006	0,000000005	1,18	0,01	1,0999996	0,000083	0,000076
42,00	2,09	-0,05	1,09999999996	0,000000009	0,000000008	1,19	0,01	1,0999997	0,000073	0,000066
43,00	2,05	-0,05	1,09999999994	0,000000014	0,000000013	1,21	0,01	1,0999997	0,000064	0,000058
44,00	2,00	-0,05	1,09999999990	0,000000022	0,000000020	1,22	0,01	1,0999997	0,000056	0,000051
45,00	1,96	-0,05	1,09999999984	0,000000035	0,000000032	1,23	0,01	1,0999998	0,000049	0,000044
46,00	1,91	-0,05	1,09999999975	0,000000055	0,000000050	1,25	0,01	1,0999998	0,000043	0,000039
47,00	1,87	-0,05	1,09999999961	0,000000087	0,000000079	1,26	0,01	1,0999998	0,000037	0,000034
48,00	1,82	-0,05	1,09999999938	0,000000137	0,000000125	1,27	0,01	1,0999999	0,000033	0,000030
49,00	1,77	-0,05	1,09999999902	0,000000215	0,000000196	1,29	0,01	1,0999999	0,000028	0,000026
50,00	1,73	-0,05	1,09999999846	0,000000339	0,000000309	1,30	0,01	1,0999999	0,000025	0,000023
51,00	1,68	-0,05	1,09999999757	0,000000534	0,000000486	1,31	0,01	1,0999999	0,000022	0,000020
52,00	1,64	-0,05	1,09999999618	0,000000841	0,000000766	1,33	0,01	1,0999999	0,000019	0,000017
53,00	1,59	-0,05	1,09999999398	0,000001324	0,000001206	1,34	0,01	1,0999999	0,000016	0,000015
54,00	1,55	-0,05	1,09999999052	0,000002085	0,000001899	1,36	0,01	1,0999999	0,000014	0,000013
55,00	1,50	-0,05	1,09999998508	0,000003283	0,000002990	1,37	0,01	1,0999999	0,000012	0,000011
56,00	1,46	-0,05	1,09999997650	0,000005169	0,000004709	1,38	0,01	1,1000000	0,000011	0,000010
57,00	1,41	-0,05	1,09999996300	0,000008140	0,000007415	1,40	0,01	1,1000000	0,000009	0,000009
58,00	1,37	-0,05	1,09999994175	0,000012816	0,000011675	1,41	0,01	1,1000000	0,000008	0,000007
59,00	1,32	-0,05	1,09999990828	0,000020178	0,000018381	1,42	0,01	1,1000000	0,000007	0,000007
60,00	1,28	-0,05	1,09999985561	0,000031765	0,000028937	1,44	0,01	1,1000000	0,000006	0,000006
61,00	1,23	-0,05	1,09999977274	0,000049997	0,000045546	1,45	0,01	1,1000000	0,000005	0,000005
62,00	1,18	-0,05	1,09999964241	0,000078670	0,000071666	1,47	0,01	1,1000000	0,000005	0,000004
63,00	1,14	-0,05	1,09999943758	0,000123732	0,000112715	1,48	0,01	1,1000000	0,000004	0,000004
64,00	1,09	-0,05	1,09999911607	0,000194464	0,000177150	1,49	0,01	1,1000000	0,000004	0,000003
65,00	1,05	-0,04	1,09999861233	0,000305287	0,000278106	1,51	0,01	1,1000000	0,000003	0,000003

66,00	1,00	-0,04	1,09999782537	0,000478419	0,000435822	1,52	0,01	1,1000000	0,000003	0,000002
67,00	0,96	-0,04	1,09999660158	0,000747653	0,000681084	1,53	0,01	1,1000000	0,000002	0,000002
68,00	0,92	-0,04	1,09999471218	0,001163320	0,001059740	1,55	0,01	1,1000000	0,000002	0,000002
69,00	0,87	-0,04	1,09999182820	0,001797796	0,001637718	1,56	0,01	1,1000000	0,000002	0,000002
70,00	0,83	-0,04	1,09998750442	0,002749028	0,002504242	1,58	0,01	1,1000000	0,000002	0,000001
71,00	0,79	-0,04	1,09998120325	0,004135285	0,003767038	1,59	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
72,00	0,75	-0,03	1,09997242387	0,006066748	0,005526459	1,60	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
73,00	0,72	-0,03	1,09996103958	0,008571293	0,007807876	1,62	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
74,00	0,69	-0,02	1,09994791496	0,011458708	0,010437993	1,63	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
75,00	0,67	-0,01	1,09993559892	0,014168237	0,012906019	1,65	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
76,00	0,65	0,00	1,09992826326	0,015782083	0,014375995	1,66	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
77,00	0,66	0,02	1,09992976719	0,015451217	0,014074627	1,67	0,01	1,1000000	0,000001	0,000001
78,00	0,67	0,03	1,09994044692	0,013101678	0,011934531	1,69	0,01	1,1000000	0,000001	0,000000
79,00	0,70	0,04	1,09995613247	0,009650856	0,008791246	1,70	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
80,00	0,75	0,05	1,09997132186	0,006309192	0,005747306	1,72	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
81,00	0,80	0,06	1,09998282965	0,003777476	0,003441097	1,73	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
82,00	0,85	0,06	1,09999029385	0,002135352	0,001945215	1,74	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
83,00	0,92	0,06	1,09999469885	0,001166253	0,001062411	1,76	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
84,00	0,98	0,06	1,09999716048	0,000624695	0,000569074	1,77	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
85,00	1,04	0,06	1,09999849510	0,000331077	0,000301600	1,78	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
86,00	1,11	0,06	1,09999920696	0,000174469	0,000158935	1,80	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
87,00	1,17	0,06	1,09999958335	0,000091664	0,000083503	1,81	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
88,00	1,23	0,06	1,09999978144	0,000048083	0,000043802	1,83	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
89,00	1,30	0,06	1,09999988545	0,000025201	0,000022957	1,84	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
90,00	1,36	0,06	1,09999993999	0,000013202	0,000012027	1,85	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
91,00	1,43	0,06	1,09999996857	0,000006915	0,000006299	1,87	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
92,00	1,49	0,06	1,09999998354	0,000003621	0,000003299	1,88	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
93,00	1,56	0,06	1,09999999138	0,000001896	0,000001728	1,90	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
94,00	1,62	0,06	1,09999999549	0,000000993	0,000000905	1,91	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
95,00	1,69	0,06	1,09999999764	0,000000520	0,000000474	1,92	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
96,00	1,75	0,06	1,09999999876	0,000000272	0,000000248	1,94	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
97,00	1,82	0,06	1,09999999935	0,000000143	0,000000130	1,95	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
98,00	1,88	0,06	1,09999999966	0,000000075	0,000000068	1,96	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
99,00	1,95	0,06	1,09999999982	0,000000039	0,000000036	1,98	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000
100,00	2,01	0,06	1,09999999991	0,000000020	0,000000019	1,99	0,01	1,1000000	0,000000	0,000000

- Condition de propagation : $n(z) \sin(i(z)) = K = \text{Cste}$
 - Propriété de la pente des rayons : $\cotan(i) = dz/dx$
 - Variation de l'indice : $n(z) = n_0 + \Delta n \exp(-\lambda z)$
- Les effets sont ici amplifiés mais plus réalistes ; ceci permet de montrer à la fois les rayons "directs" (pratiquement non déviés) et les rayons "mirage" (réfléchis par la couche d'air chaud).
- Dans ce cas, on constate que l'image de l'objet semble vue à l'envers "dans le sol" et à la place du pied de l'objet (qui ne peut pas être vu directement).

