



Bolide du 13 Fevrier 2009

Région de Rome, Italie

Table des matières

1- Le Voyage du Petit Caillou.....	3
2- Les images.....	4
3- Les mesures.....	5
4- Exploitation et Calcul de la trajectoire visible.....	7
5- Calcul de la masse du corps.....	7
6- Points de chute.....	9
7- Conclusions.....	9
8- Annexe.....	9

1- Le Voyage du Petit Caillou

Une histoire vraie

Il était une fois un petit caillou qui s'ennuyait sur son orbite. Il décida d'aller faire un tour sur la Terre. Il prit comme destination l'Italie dont on lui avait dit le plus grand bien. Des terriens contents de l'accueillir prirent même des photos de son arrivée nocturne, c'était un 13 février vers 20H (UTC)...

Voici leur reportage en images et le fruits de leur travail.

2- Les images

Les images ont été acquises par deux astronomes amateurs italiens ayant mis en place des cameras de surveillance du ciel. Ces deux cameras ont donc pu filmer le bolide à une cadence de 25 im/s et en deux points différents

Site:	Contigliano (RI)
Observateur:	Diego Valeri
Lat (°):	42,4114
Long (°):	12,7682
alt (m):	410



Site:	Ferrara (FE)
Observateur:	Ferruccio Zanotti
Lat (°):	44,8181
Long (°):	11,6167
alt (m):	5



3- Les mesures

Pour chacune des vidéos, la travail à tout d'abord consister à mesurer les positions du météores sur les images. Il a fallu pour cela faire une calibration astrométrique des cameras. Nous avons donc fait des mesures des positions de chacune des étoiles visibles sur les images. En les comparant à leurs positions théoriques (connues, puisque les sites d'observation et l'heure sont connues), nous pouvons calculer un modele d'étalonnage astrométrique des images. Il faut ensuite afficher chaque image de la vidéo et mesurer les positions du météore sur chacune. Et en appliquant le modèle astrométrique nous pouvons calculer les positions du météore. Voici les positions que nous avons mesurés: Les coordonnées sont azimuth-hauteur (Nord=0°, compter positivement vers l'Est).

Vue de Ferrara				Vue de Contigliano			
image	Heure (20:03: +)	Az (°, N=0°)	H (°)	image	Heure (20:03: +)	Az (°, N=0°)	H (°)
2	29,076	153,53	12	28	29,055	117,51	46,04
3	29,123	153,6	11,92	29	29,095	117,66	46,04
4	29,154	153,76	11,88	30	29,135	117,88	46,08
5	29,201	153,99	11,72	31	29,175	118,12	46,13
6	29,232	154,08	11,71	32	29,215	118,39	46,17
7	29,279	154,12	11,66	33	29,255	118,56	46,21
8	29,310	154,21	11,58	34	29,295	118,76	46,24
9	29,357	154,34	11,52	35	29,335	119,01	46,25
10	29,404	154,36	11,58	36	29,375	119,23	46,26
11	29,435	154,44	11,49	37	29,415	119,45	46,32
12	29,482	154,53	11,4	38	29,455	119,69	46,37
13	29,513	154,7	11,35	39	29,495	119,92	46,43
14	29,560	154,79	11,31	40	29,535	120,18	46,48
15	29,592	154,87	11,27	41	29,575	120,39	46,53
16	29,638	154,98	11,17	42	29,615	120,7	46,56
17	29,670	155,06	11,03	43	29,655	120,91	46,64
18	29,717	155,15	11,02	44	29,695	121,14	46,69
19	29,763	155,31	10,98	45	29,735	121,37	46,75
20	29,795	155,37	10,9	46	29,775	121,66	46,77
21	29,842	155,49	10,84	47	29,815	121,89	46,82
22	29,873	155,61	10,82	48	29,855	122,2	46,88
23	29,920	155,79	10,62	49	29,895	122,41	46,96
24	29,951	155,86	10,6	50	29,935	122,73	47,01
25	29,998	155,98	10,54	51	29,975	122,98	47,04
26	30,045	156,11	10,43	52	30,015	123,25	47,11
27	30,076	156,21	10,41	53	30,055	123,52	47,19
28	30,123	156,3	10,39	54	30,095	123,83	47,21
29	30,154	156,41	10,32	55	30,135	124,11	47,27
30	30,201	156,52	10,25	56	30,175	124,43	47,33
31	30,232	156,61	10,19	57	30,215	124,7	47,37
32	30,279	156,72	10,12	58	30,255	125,04	47,42
33	30,310	156,82	10,05	59	30,295	125,36	47,47
34	30,357	156,95	9,98	60	30,335	125,66	47,53
35	30,404	157,05	9,91	61	30,375	125,98	47,55
36	30,435	157,16	9,84	62	30,415	126,31	47,62
37	30,482	157,27	9,77	63	30,455	126,65	47,67
38	30,513	157,38	9,65	64	30,495	127,02	47,72
39	30,560	157,48	9,62	65	30,535	127,34	47,77
40	30,592	157,6	9,56	66	30,575	127,69	47,8
41	30,638	157,69	9,48	67	30,615	128,03	47,85
42	30,685	157,78	9,42	68	30,655	128,42	47,92
43	30,717	157,91	9,36	69	30,695	128,79	47,97
44	30,763	158,01	9,26	70	30,735	129,16	48,02
45	30,795	158,14	9,18	71	30,775	129,54	48,06
46	30,842	158,23	9,12	72	30,815	129,93	48,11
47	30,873	158,35	9,04	73	30,855	130,32	48,13
48	30,920	158,47	8,97	74	30,895	130,74	48,19
49	30,951	158,56	8,92	75	30,935	131,12	48,25
50	30,998	158,68	8,83	76	30,975	131,55	48,31
51	31,045	158,78	8,76	77	31,015	131,96	48,33
52	31,076	158,9	8,67	78	31,055	132,38	48,38
53	31,123	159,02	8,61	79	31,095	132,81	48,41
54	31,154	159,14	8,52	80	31,135	133,28	48,43
55	31,201	159,2	8,47	81	31,175	133,73	48,48
56	31,232	159,33	8,39	82	31,215	134,2	48,48
57	31,279	159,45	8,33	83	31,255	134,66	48,51
58	31,310	159,57	8,24	84	31,295	135,15	48,53
59	31,357	159,67	8,17	85	31,335	135,64	48,52
60	31,404	159,77	8,1	86	31,375	136,12	48,58
61	31,435	159,89	8,01	87	31,415	136,6	48,6
62	31,482	160,02	7,93	88	31,455	137,09	48,62
63	31,513	160,12	7,86	89	31,495	137,62	48,65
64	31,560	160,22	7,79	90	31,535	138,14	48,67
65	31,592	160,34	7,73	91	31,575	138,67	48,69

66	31,638	160,44	7,65		92	31,615	139,18	48,73
67	31,685	160,55	7,58		93	31,655	139,69	48,74
68	31,717	160,66	7,5		94	31,695	140,23	48,74
69	31,763	160,76	7,42		95	31,735	140,77	48,75
70	31,792	160,88	7,36		96	31,775	141,44	48,77
71	31,842	160,94	7,31		97	31,815	141,96	48,76
72	31,873	161,07	7,23		98	31,855	142,52	48,79
73	31,920	161,14	7,17		99	31,895	143,19	48,77
74	31,951	161,26	7,11		100	31,935	143,83	48,82
75	31,998	161,38	7,05		101	31,975	144,46	48,73
76	32,045	161,47	6,99		102	32,015	145,13	48,7
77	32,076	161,57	6,92		103	32,055	145,86	48,62
78	32,123	161,64	6,85		104	32,095	146,45	48,64
79	32,154	161,7	6,8		105	32,135	147,12	48,61
80	32,201	161,85	6,73		106	32,175	147,82	48,58
81	32,232	161,96	6,69		107	32,215	148,49	48,54
82	32,279	162,02	6,64		108	32,255	149,23	48,48
83	32,310	162,08	6,59		109	32,295	149,87	48,44
84	32,357	162,18	6,51		110	32,335	150,67	48,37
85	32,404	162,27	6,48		111	32,375	151,38	48,29
86	32,435	162,34	6,42		112	32,415	152,12	48,21
87	32,482	162,42	6,35		113	32,455	152,86	48,14
88	32,513	162,49	6,28		114	32,495	153,62	48,04
89	32,560	162,6	6,22		115	32,535	154,41	47,94
90	32,592	162,65	6,16		116	32,575	155,29	47,8
91	32,638	162,72	6,1		117	32,615	156,01	47,67
92	32,670	162,81	6,04		118	32,655	156,83	47,54
93	32,717	162,88	6		119	32,695	157,63	47,43
94	32,763	162,95	5,93		120	32,735	158,42	47,3
95	32,795	162,99	5,89		121	32,775	159,27	47,16
96	32,842	163,07	5,81		122	32,815	159,99	47
97	32,873	163,16	5,75		123	32,855	160,83	46,86
98	32,920	163,22	5,7		124	32,895	161,61	46,69
99	32,951	163,27	5,66		125	32,935	162,43	46,53
100	32,998	163,35	5,58		126	32,975	163,24	46,39
101	33,045	163,4	5,55		127	33,015	164,05	46,2
102	33,076	163,48	5,47		128	33,055	164,81	46,02
					129	33,095	165,59	45,83
					130	33,135	166,42	45,64
					131	33,175	167,23	45,45
					132	33,215	167,99	45,25
					133	33,255	168,75	45,03
					134	33,295	169,52	44,85
					135	33,335	170,27	44,62
					136	33,375	171,1	44,39
					137	33,415	171,83	44,2
					138	33,455	172,55	43,98
					139	33,495	173,29	43,75
					140	33,535	173,98	43,54
					141	33,575	174,71	43,3
					142	33,615	175,39	43,09
					143	33,655	176,04	42,86
					144	33,695	176,72	42,65
					145	33,735	177,37	42,43
					146	33,775	177,99	42,21
					147	33,815	178,64	42
					148	33,855	179,19	41,83
					149	33,895	179,79	41,6
					150	33,935	180,34	41,41
					151	33,975	180,92	41,22
					152	34,015	181,44	41,02
					153	34,055	181,96	40,84
					154	34,095	182,46	40,65
					155	34,135	182,95	40,48
					156	34,175	183,41	40,31
					157	34,215	183,85	40,13
					158	34,255	184,27	39,96
					159	34,295	184,67	39,8
					160	34,335	185,04	39,63
					161	34,375	185,4	39,49
					162	34,415	185,75	39,35
					163	34,455	186,1	39,19
					164	34,495	186,4	39,03
					165	34,535	186,73	38,9
					166	34,575	187,03	38,76
					167	34,615	187,33	38,6
					168	34,655	187,58	38,49
					169	34,695	187,88	38,36
					170	34,735	188,08	38,24
					171	34,775	188,36	38,12
					172	34,815	188,58	38,01
					173	34,855	188,82	37,9
					174	34,895	189,04	37,78
					175	34,935	189,27	37,7
					176	34,975	189,46	37,59
					177	35,015	189,67	37,51
					178	35,055	189,83	37,42
					179	35,095	190,04	37,3
					180	35,135	190,28	37,16
					181	35,175	190,43	37,07
					182	35,215	190,52	37,02

4- Exploitation et Calcul de la trajectoire visible

La toute première constatation lorsque l'on examine les mesures est que les deux stations d'observation n'ont pas vu le météore sur la même durée. Vu depuis Contigliano (station A) le météore a été vu durant 6,2s alors que vu depuis Ferrara, il n'a duré que 4,3s. Cela s'explique par le fait que la station B est beaucoup plus loin. Le météore est donc vu beaucoup plus bas sur l'horizon, là où l'absorption atmosphérique affaiblit la luminosité du météore. En conséquence de quoi le début et la fin de trajectoire sont moins bien vus.

A l'aide de notre modèle de calcul et des mesures jointes nous avons calculé les points suivants:

Lieu	Contigliano			Ferrara		
	Long (°)	Lat (°)	Alt (km)	Long (°)	Lat (°)	Alt (km)
Début de trajectoire	13,82	42,00	105,3	13,49	42,00	85,0
Fin de trajectoire	12,67	41,99	36,9	12,76	41,99	42,2

Azimut de la trajectoire: $269,3^\circ$ (Nord= 0°)

Angle de rentrée: $34,9^\circ$

Le radian apparent du météore se trouve à ces coordonnées:

Ascension droite: 10h42min

Déclinaison: 23°

Ces coordonnées ne permettent pas de rattacher ce météore à un essaim d'étoiles filantes connues.

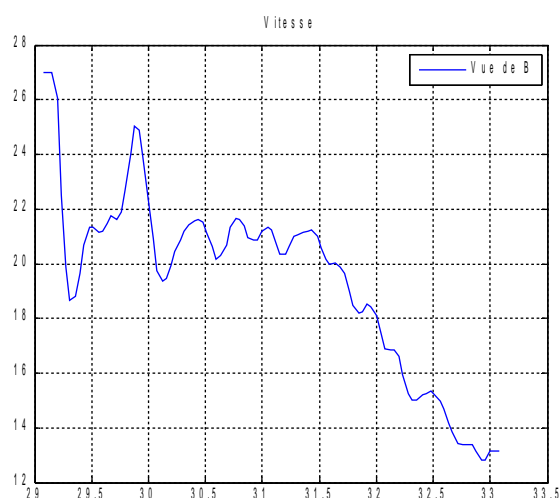
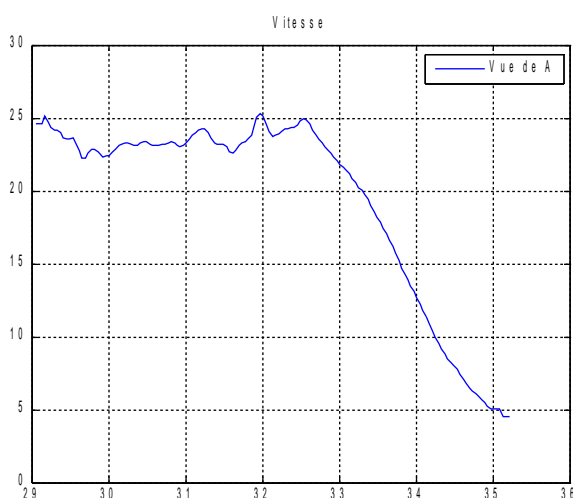
Le point de chute, pour une trajectoire rectiligne est situé à ces coordonnées:

Long: $12,03^\circ$

Lat: $41,98^\circ$

5- Calcul de la masse du corps

Une fois la trajectoire calculée, nous pouvons mesurer la position du météore par triangulation pour chacune des images des deux vidéos. Nous pouvons maintenant calculer la vitesse du météore entre chaque image et donc sur toute la longueur de la trajectoire. Les deux caméras n'étant pas synchronisées, nous sommes donc obligés de calculer les variations de vitesse du météore vu de chacune des stations d'observation (station A = Contigliano, station B = Ferrara). Les courbes de vitesses sont tracées en fonction du temps

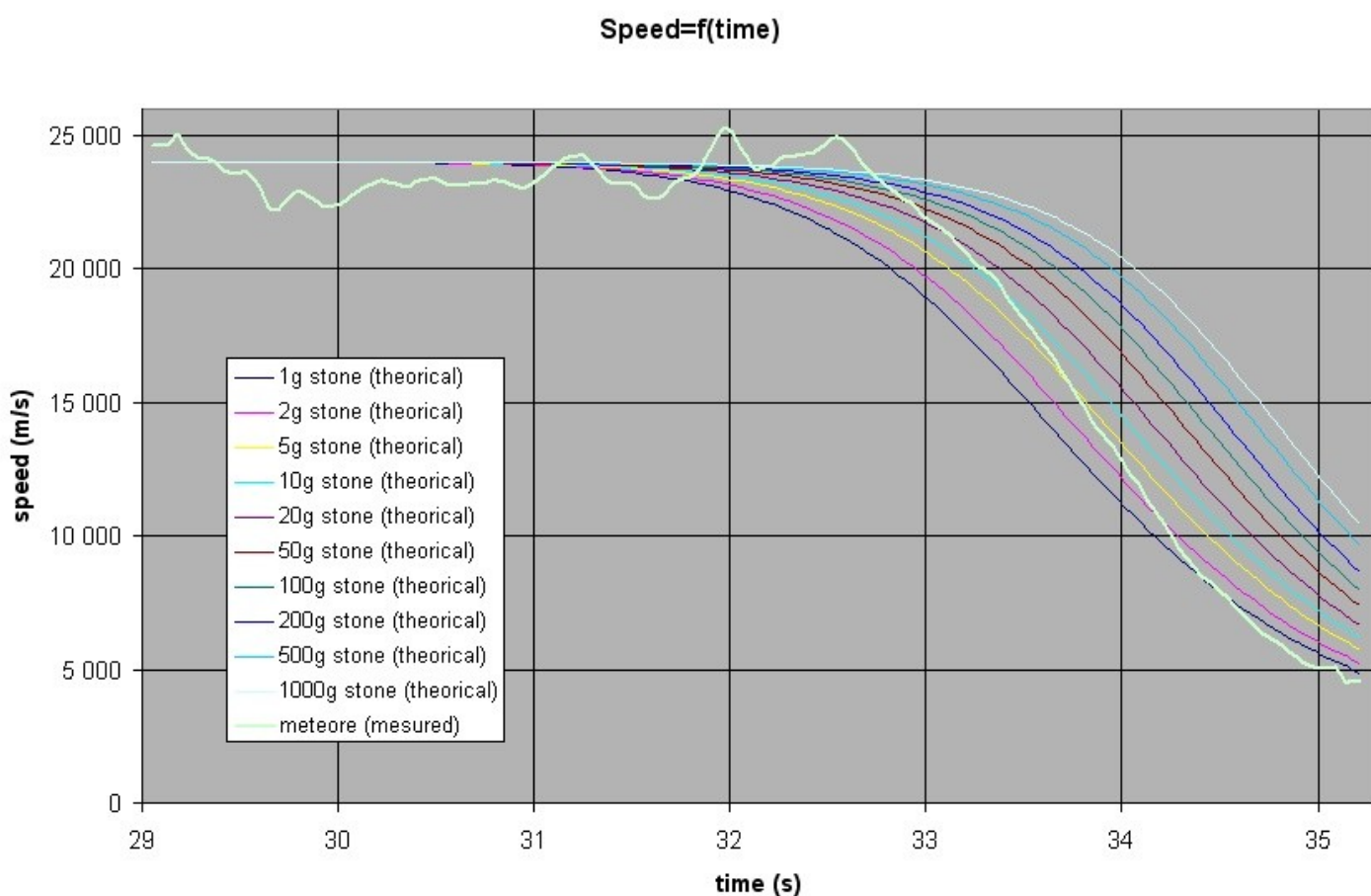


On constate un bruit important dans les mesures, surtout depuis la station B. Cela s'explique principalement par la grande distance entre B et le météore (environ 370km), alors que la distance entre A et le météore n'est que d'environ 70km. La mesure de vitesse étant donc nettement plus fiable pour la station A que pour la station B, nous n'utiliserons que ces mesures pour la suite du calcul.

On peut constater aussi que l'heure du début de ralentissement n'est pas la même pour les deux stations. Il y a donc probablement un décalage temporel d'environ 1s entre les deux stations.

Nous confrontons maintenant la courbe de vitesse expérimentale obtenue à notre modèle de trajectoire freinée. Notre modèle utilise les données que l'on a calculées lors du calcul de trajectoire (altitude, angle de rentrée, vitesse initiale), seul la masse du corps est inconnue. Nous réaliserons donc différents calculs en fonction des masses supposées.

On peut noter que notre modèle souffre d'un gros défaut, car nous n'avons pas modélisé l'abrasion du corps durant la rentrée atmosphérique. Notre modèle suppose donc un corps de masse constante



Lors de cette confrontation, nous pouvons constater que le moment du début du freinage est compatible avec un corps dont la fourchette de masse peut aller de 100g à 1000g. On peut aussi constater que le météore freine plus que notre modèle théorique (quelque soit la masse que l'on place dans notre modèle). Cela peut probablement s'expliquer par le fait que notre modèle ne tiens pas compte de l'abrasion du météore et donc de la variation de sa masse. Vu la masse supposée du corps, il y a de grandes chances qu'il se soit complètement volatilisé au cours de la rentrée et qu'il n'y ai aucune météorite à trouver au sol.

Un autre élément qui plaide en la faveur de la désintégration complète, est le fait qu'il n'y a pas de témoignages de sons. Or, dans le cas ou un corps parviendrait au sol, il devrait y avoir un bang supersonique qui pourrait être entendu de très loin. Mais dans le cas présent, il n'y a aucun témoignage malgré le fait que le point de chute éventuel se trouve assez proche de Rome.

6- Points de chute

Notre modèle de freinage permet aussi de calculer la forme de la trajectoire des météorites et donc les points de chute éventuels. Nous avons calculé les points de chute des météorites pour des masses allant de 10g à 1000g. En supposant une dispersion (pour une même taille de météorites) d'environ 1,5km de rayon au sol, nous avons donc défini une zone de recherche potentielle, que l'on trouvera représentée dans le fichier Google Earth joint,

7- Conclusions

Ce rapport est le premier rapport complet sur l'observation d'un bolide suffisamment brillant pour avoir peut-être produit des météorites. C'est aussi la première fois que nous confrontons un modèle théorique à l'observation pratique. Ceci nous montre que l'on doit perfectionner notre modèle, mais montre aussi que nous sommes sur la bonne voie...

8- Annexe

Ce rapport est normalement accompagné du fichier « bolide_italie_20090213.kmz ». Ce fichier ouvrable sous Google Earth montre les trajectoires visibles depuis les deux stations d'observation, la ligne de chute droite et la zone de recherche potentielle de météorites (pour cette zone, nous avons supposé les météorites faisant de 10g à 1000g).