

Dossier de recherche, Concours externe spécial de l'agrégation physique chimie

Observation de météores à l'aide du réseau FRIPON

Simon Jeanne

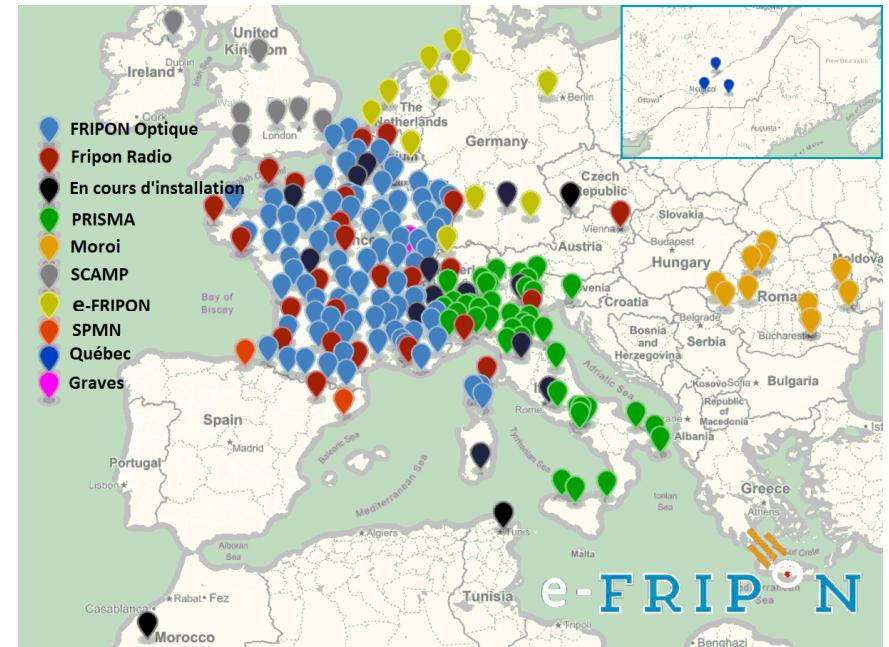
IMCCE, Observatoire de Paris

25/05/2021

FRIPO

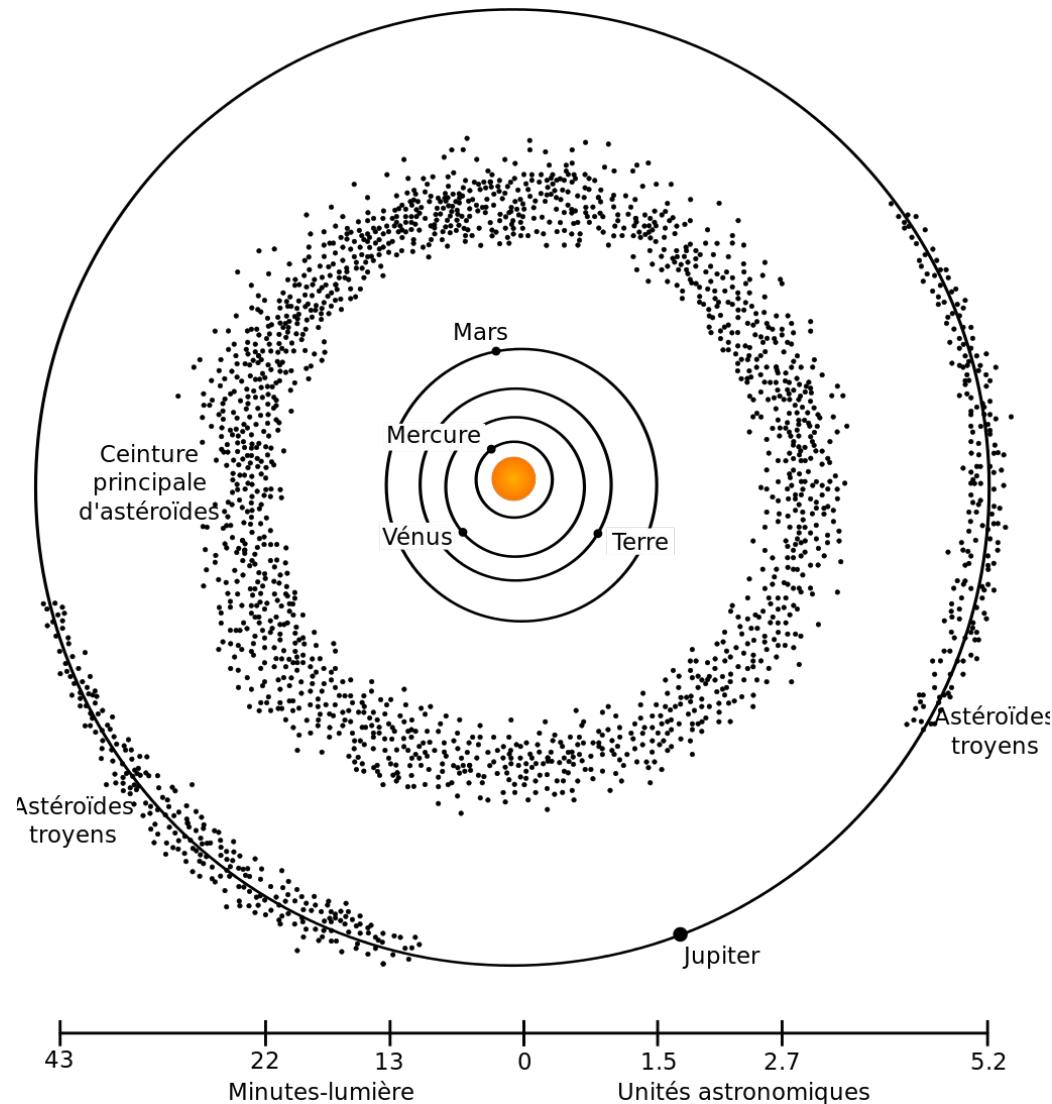
Fireball Recovery and InterPlanetary Observation Network

- 150 caméras « all-sky » en Europe de l'Ouest
- Ensemble elle forme un instrument continental
- Une précision angulaire entre 1 et 2 minutes d'arc
- vidéo à 30 images par seconde

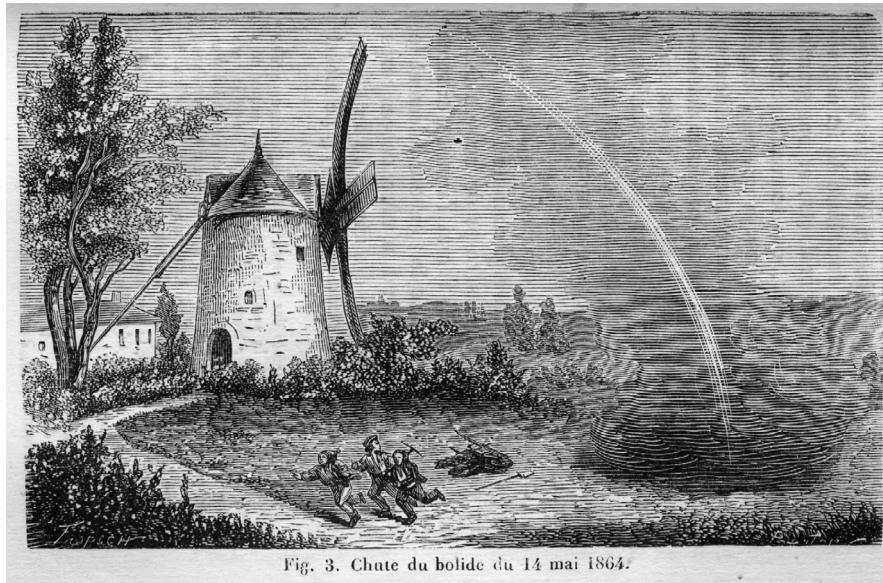


Qu'est ce qu'un météore ?

- En plus du Soleil et des planètes, il y a d'autres corps dans le système solaire
- Quand un de ces corps percute l'atmosphère terrestre, il produit un phénomène lumineux : un météore



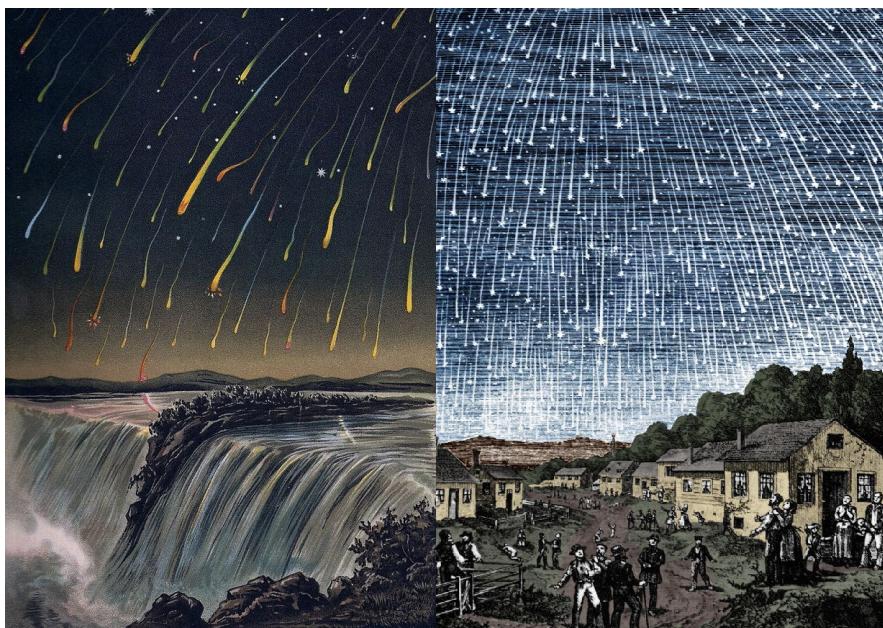
Qu'est ce qu'un météore ?



→ Météoroïde : corps plus grand qu'une poussière ($30\mu\text{m}$) et plus petit qu'un astéroïde (1m)

→ Météore : phénomène lumineux produit par l'entrée d'un météoroïde dans l'atmosphère

→ Météorite : fragment de météoroïde survivant jusqu'au sol



Parcours , enjeux de la thèse et talents de professeur

Enjeux de ma thèse :

- Les météores sont l'unique manière d'accéder aux météoroïdes
- Les météoroïdes sont des témoins de la naissance du Système Solaire
- Ils sont la principale source de matière interplanétaire sur Terre

Mes contributions au réseau FRIPON :

- Analyse des données du réseau
- Calcul des orbites, des zones de chute, ...
- Critique des méthodes d'analyses des météores

Enseignement :

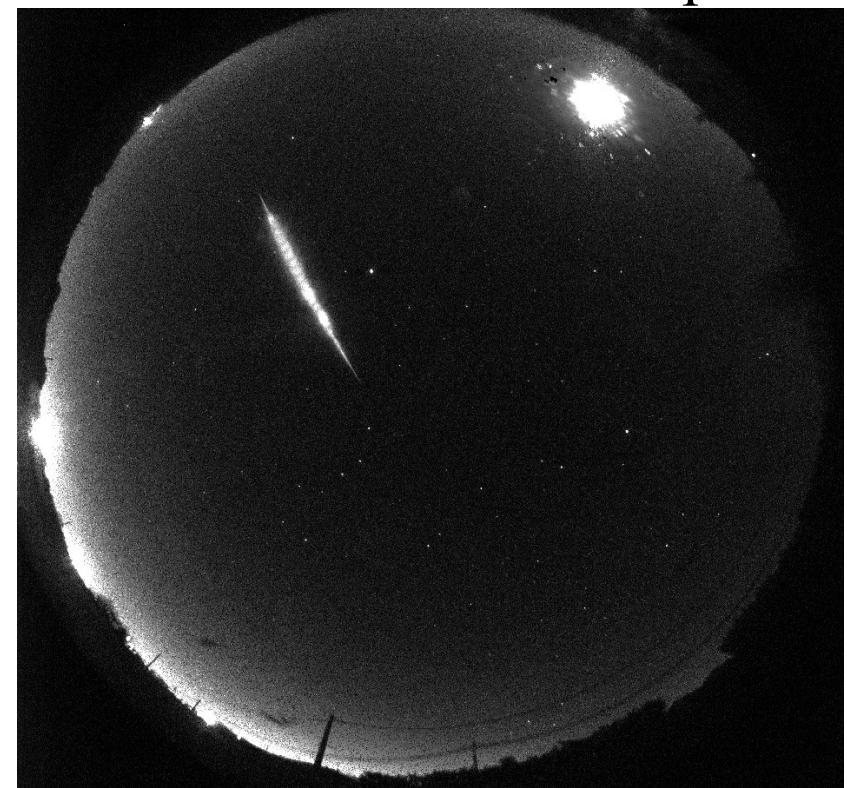
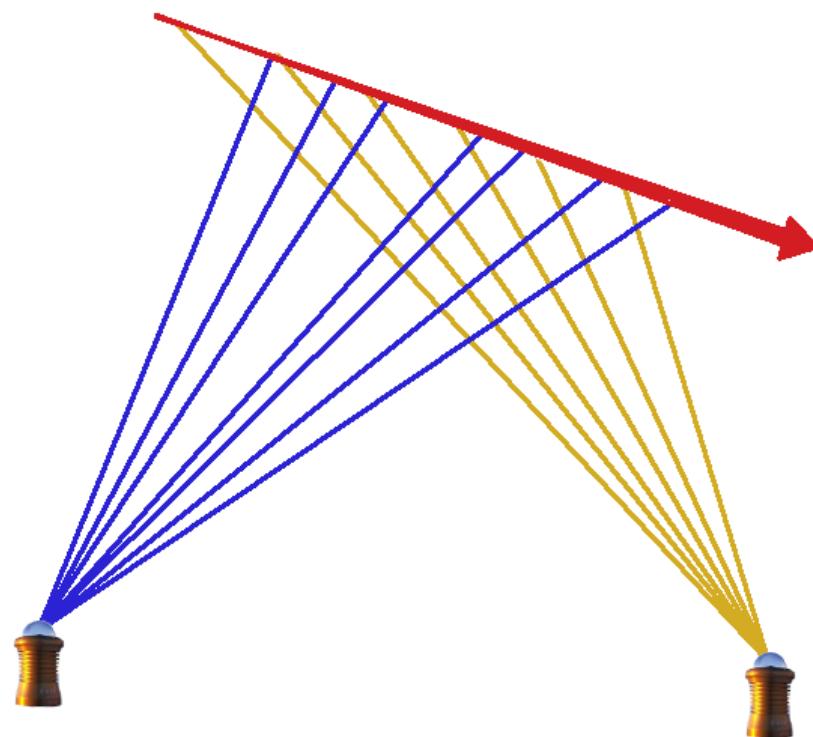
- Parrainages d'étudiants
- Parrainages de professeurs
- Nuits d'observation astronomique
- Pédagogie expérimentale : apprentissage en autonomie avec le SCIRE

Ordres de grandeur

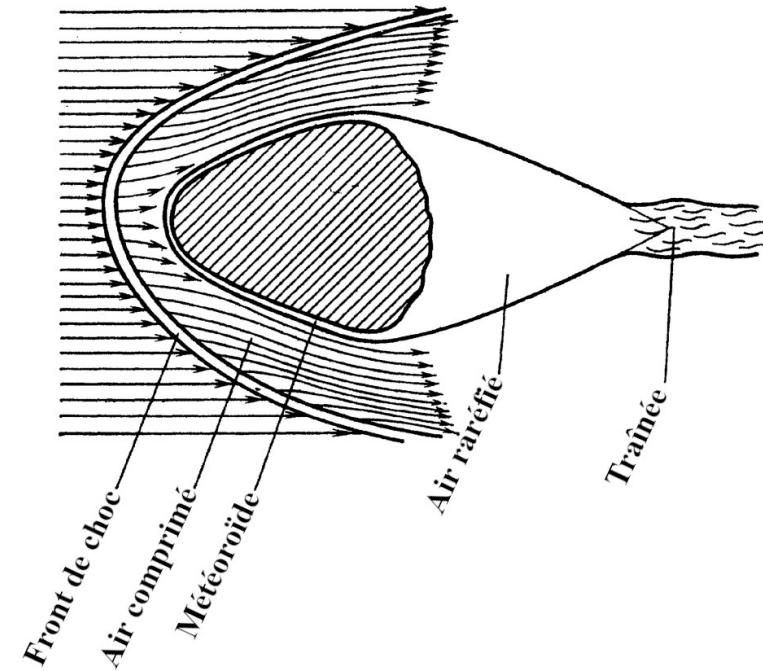
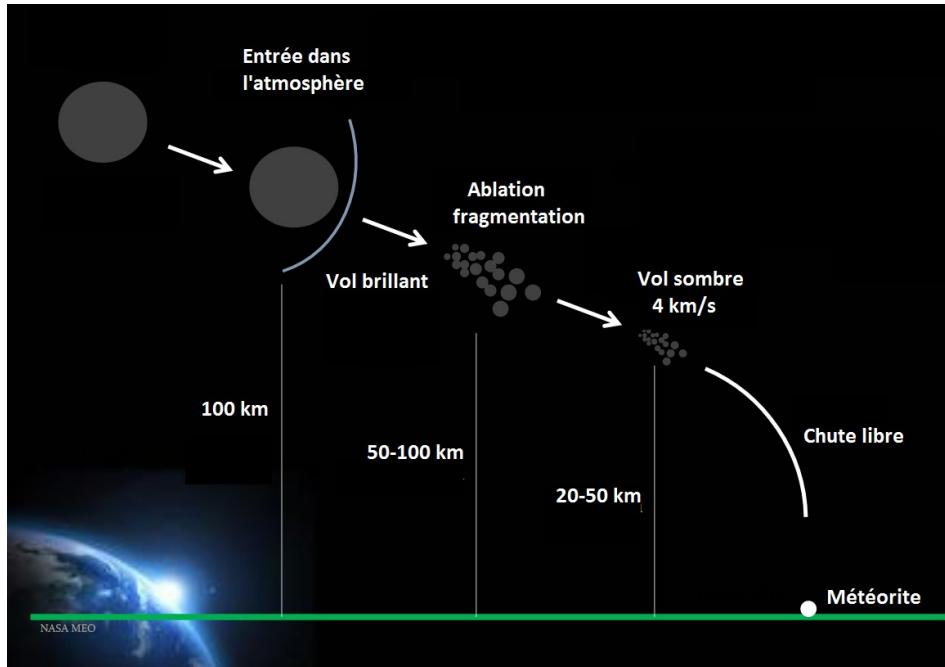
- Environ 100 tonnes de matière interplanétaire traverse l'atmosphère chaque jour
- La vitesse d'entrée d'un météoroïde dans l'atmosphère est comprise entre 11 et 72 km/s
- L'énergie cinétique d'un météoroïde est comprise entre 60 et 2600 MJ par kilogramme de matière interplanétaire
- L'énergie de vaporisation de la silice est seulement de 13.7 MJ/kg

La trajectoire des météores

- On peut faire l'approximation qu'un météore se déplace en ligne droite dans l'atmosphère
- Chaque caméra permet alors de définir un plan de lequel se trouve le météore
- Le météore se situe sur la droite qui est à l'intersection de ces plans



La dynamique des météores



- Le météoroïde est détruit par différents processus : fusion et vaporisation, ablation, fragmentation
- Les souffleries actuelles ne permettent pas de reproduire les conditions d'un météore : la physique des fluides à ces vitesses est mal connue
- On est obligé d'utiliser des modèles simples

La dynamique des météores

→ La décélération du météore est proportionnelle à la quantité de mouvement du flux d'air incident :

$$M \frac{d\vec{V}}{dt} = -\frac{1}{2} c_d \rho_a S V^2 \vec{u}_V$$

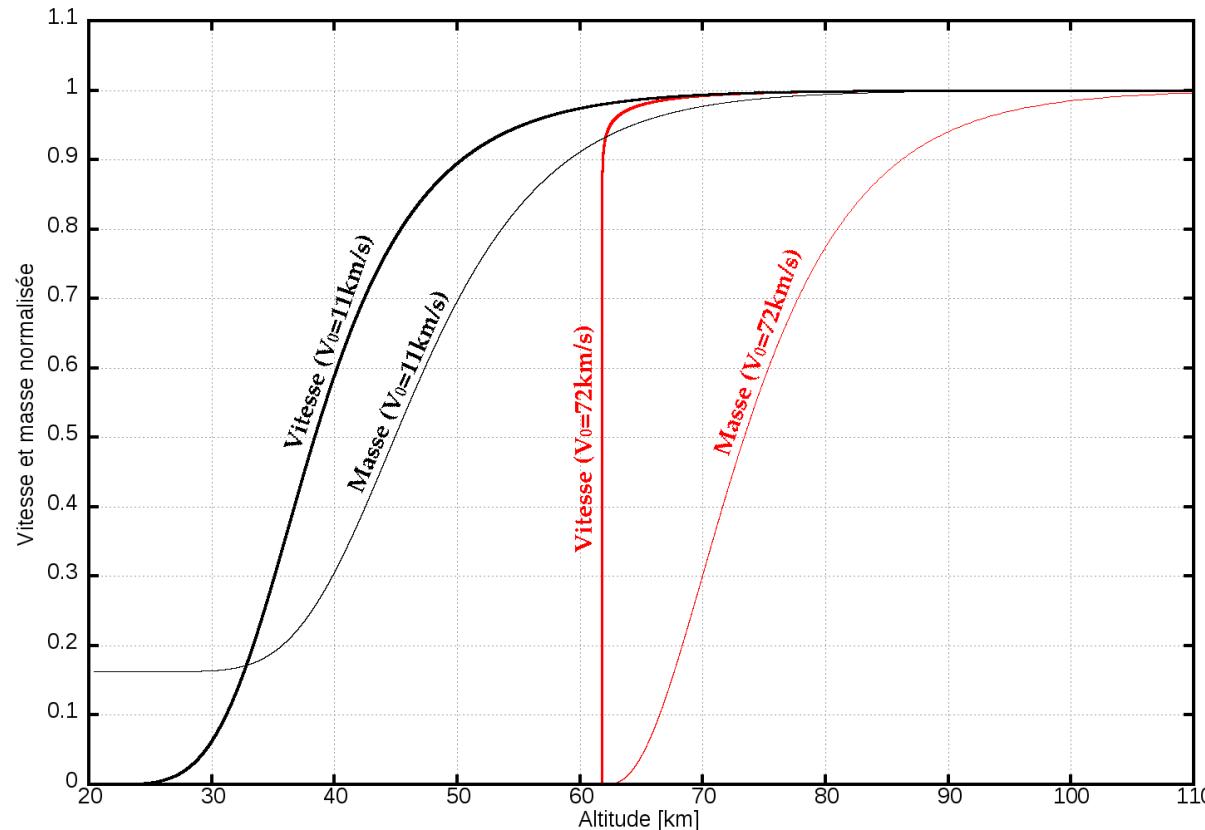
→ La perte de masse est proportionnelle à l'énergie cinétique du flux d'air incident :

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{c_h}{H} \rho_a S V^3$$

→ La surface du météoroïde est relié à sa masse par une loi de puissance :

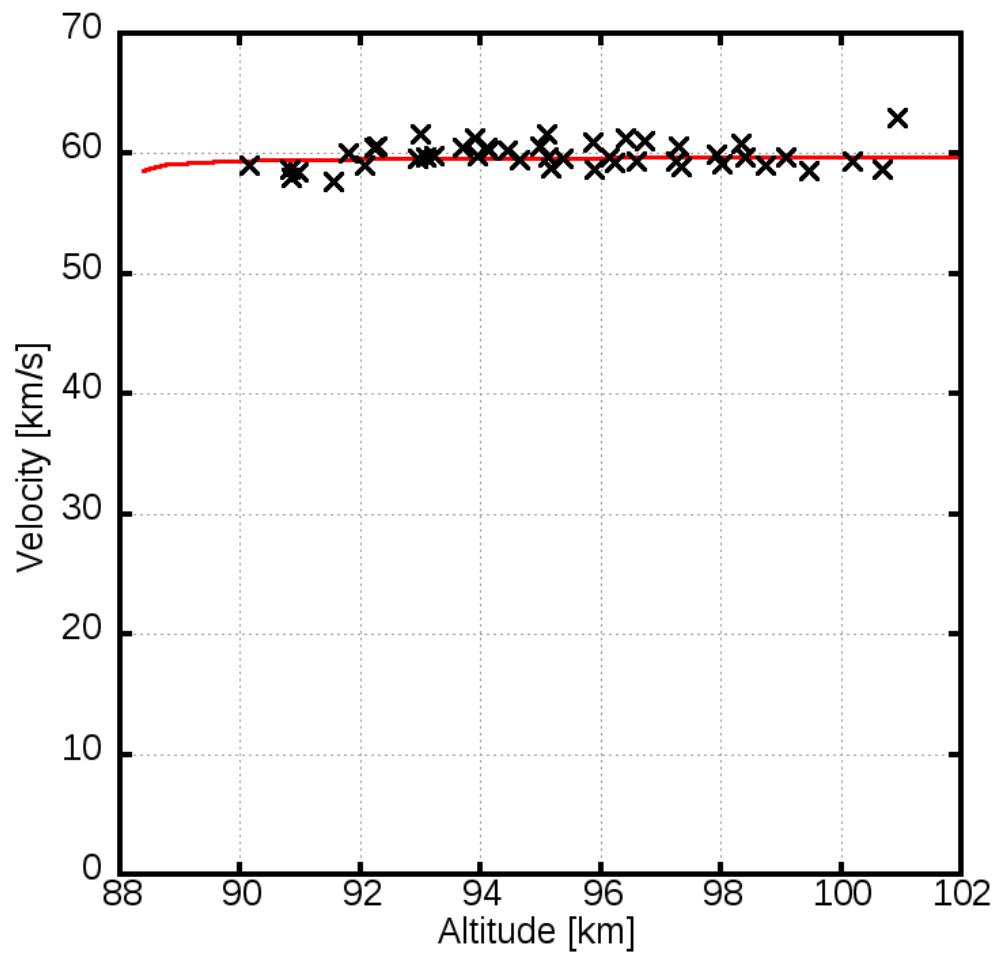
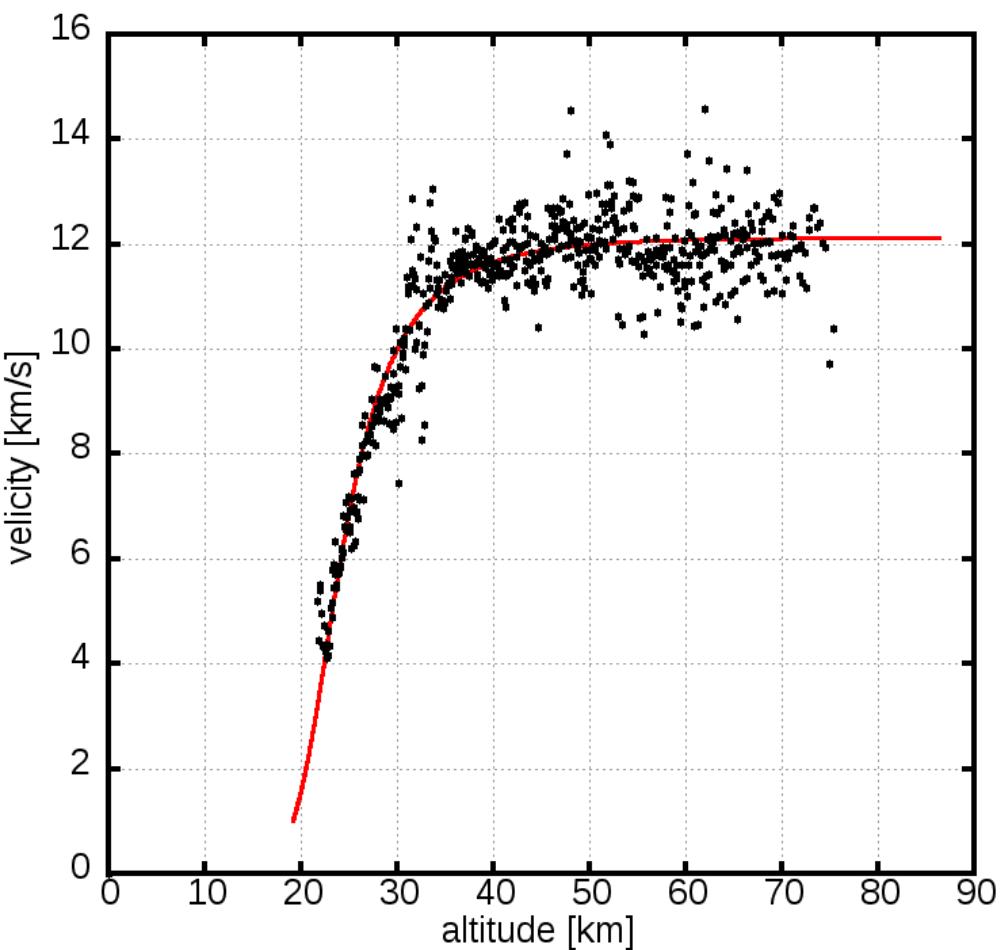
$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{M}{M_0} \right)^\mu$$

Comprendre les météores

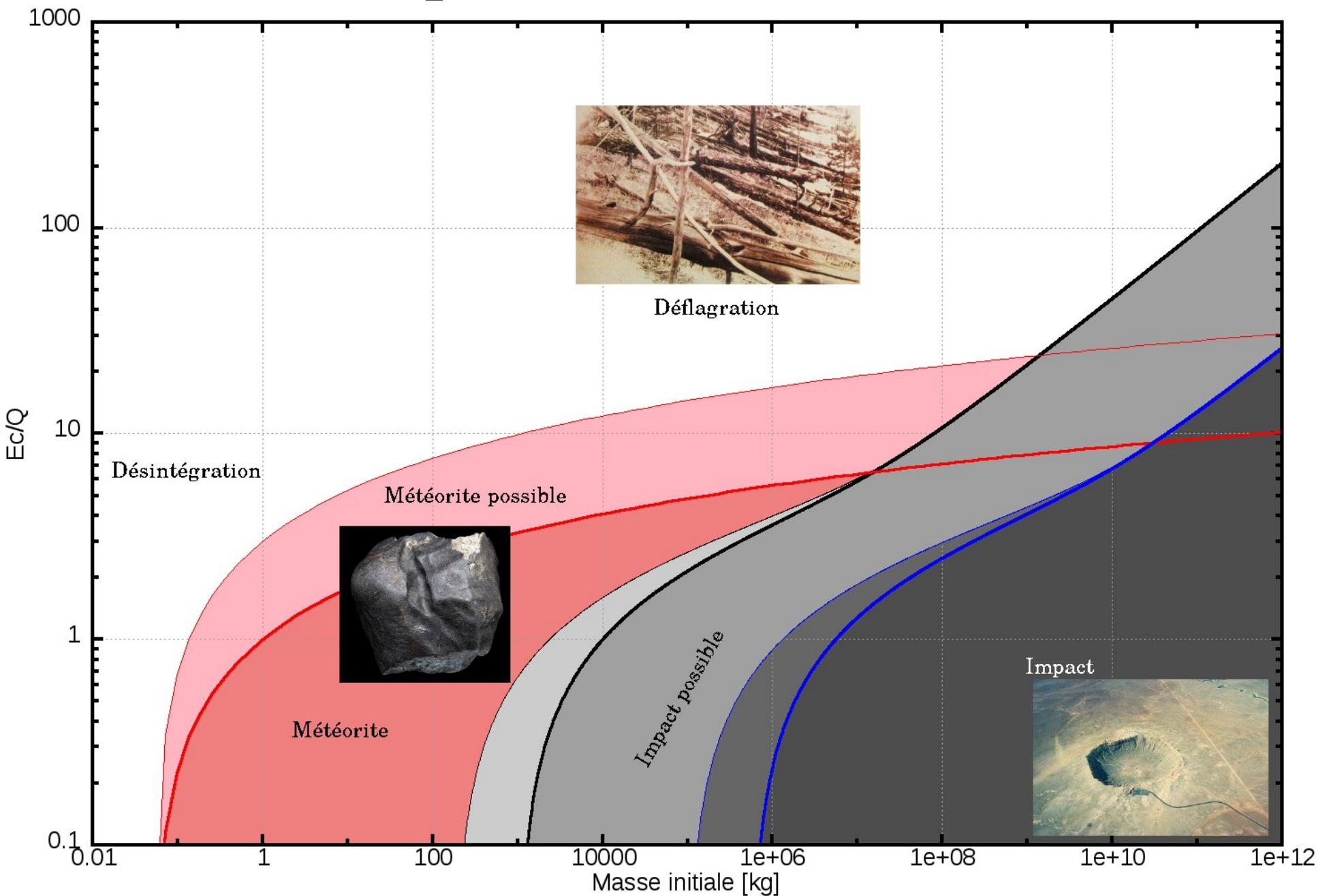


- Pour les météores lents et solides, le freinage et l'ablation démarrent à des altitudes similaires
- Pour les météores rapides et fragiles, l'ablation démarre à plus haute altitude que le freinage
- Les météores les plus rapides semblent se déplacer à vitesse constante jusqu'à leurs désintégrations complètes

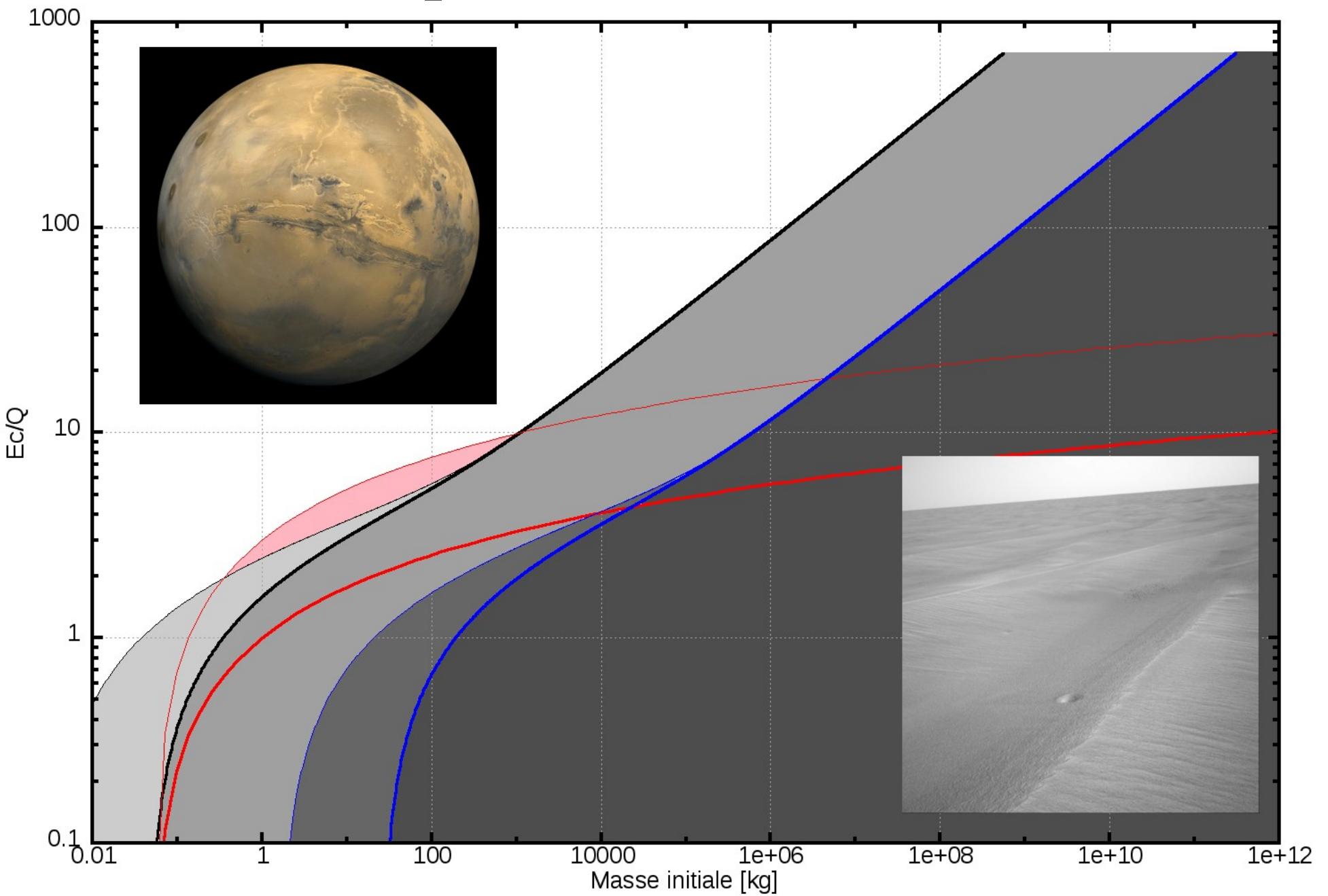
Météore rapide et météore lent



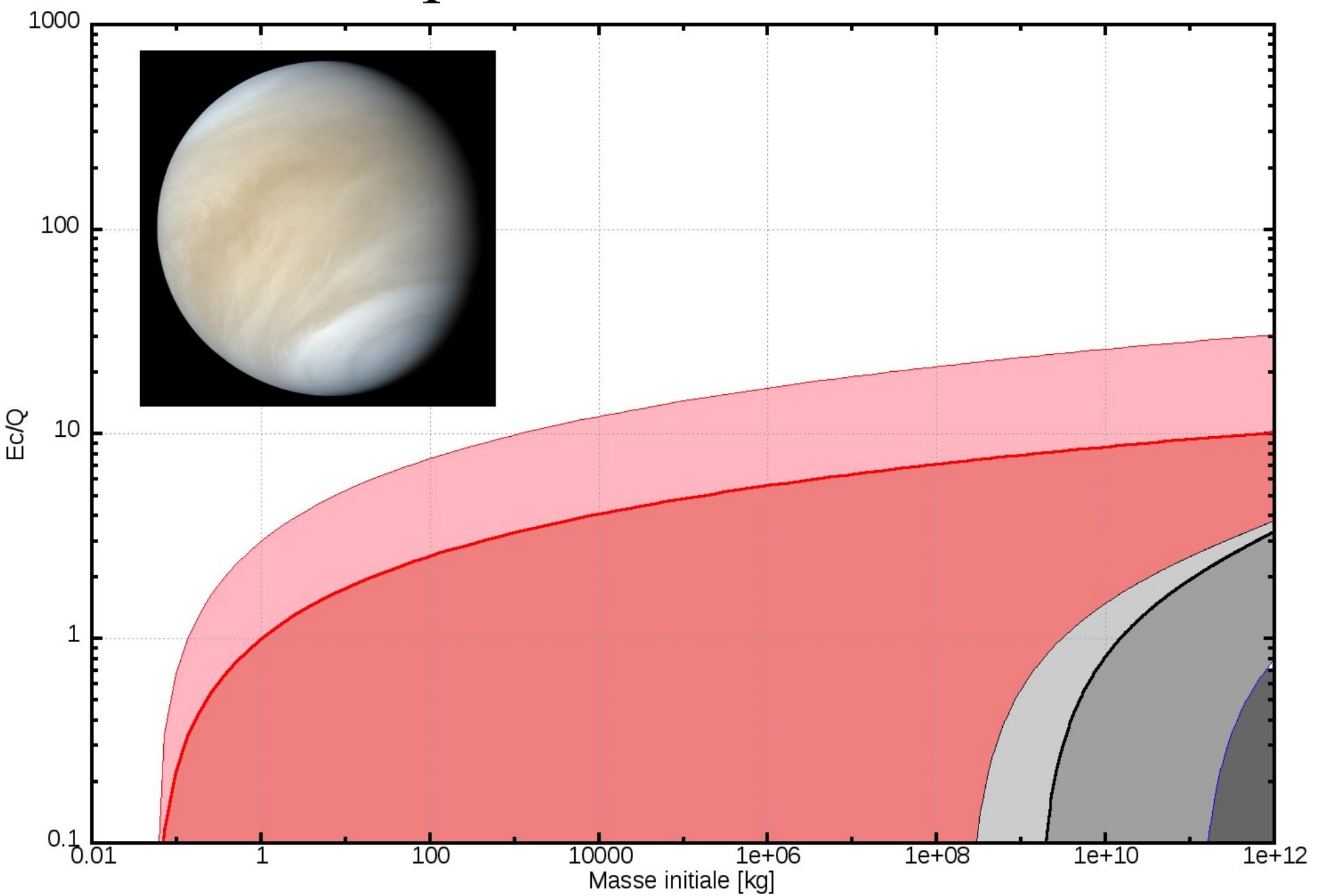
Comprendre les météores



Comprendre les météores

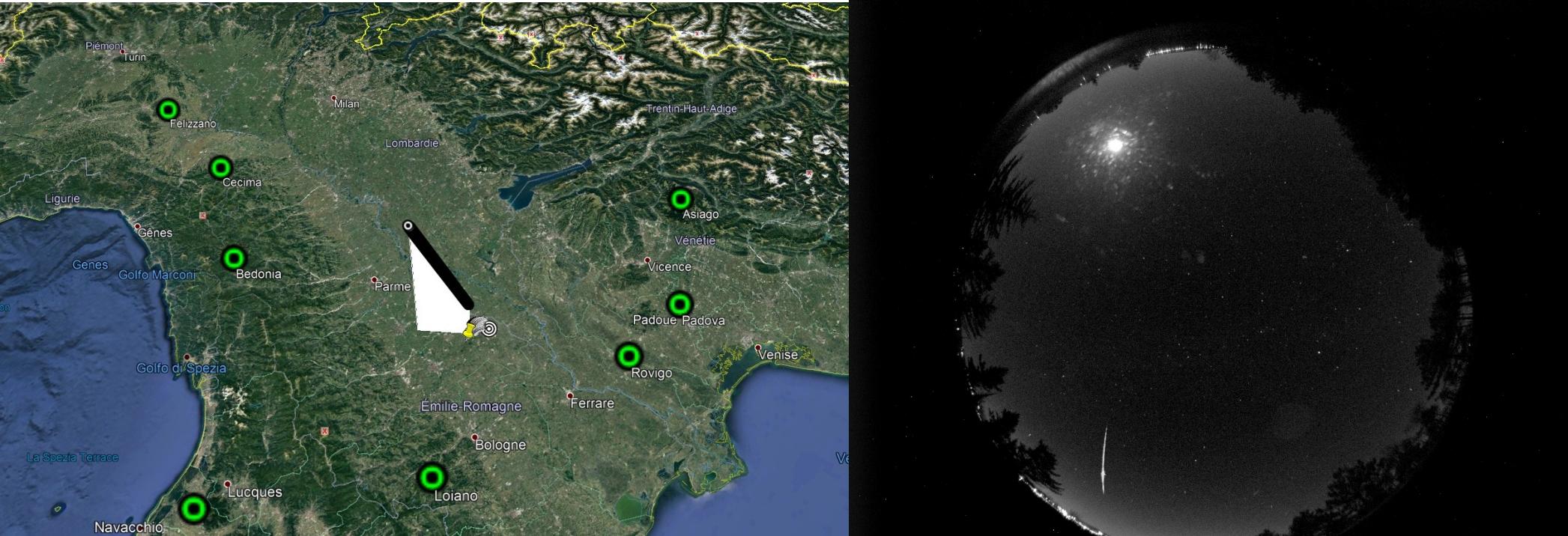


Comprendre les météores



Prédiction : zones de chute de météorites

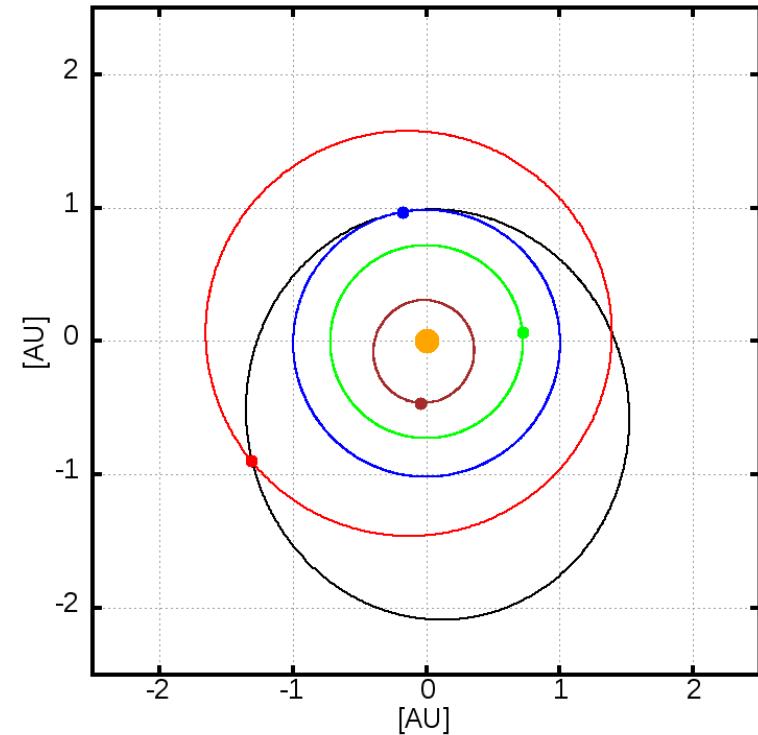
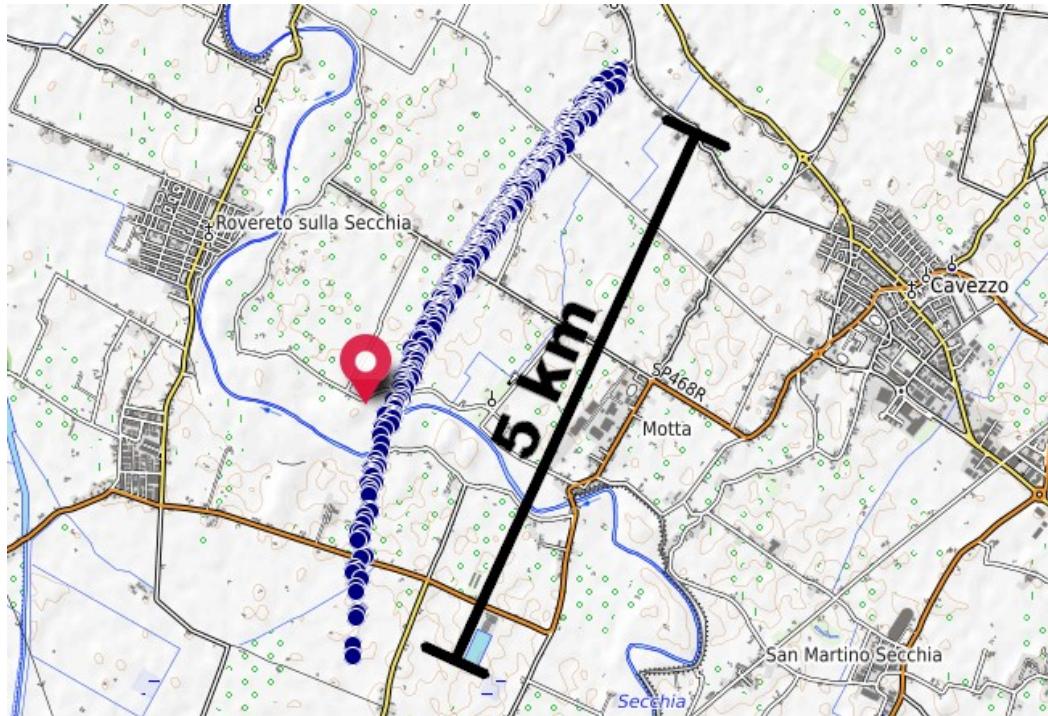
Météore du 01/01/2020



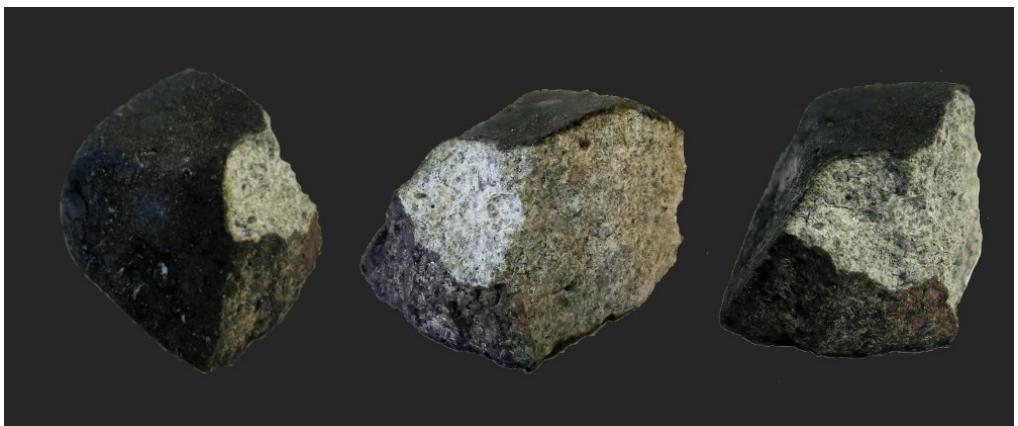
- Vitesse initiale : $12,12 \pm 0,07$ km/s
- Longueur : 59,2 km
- Durée : 5,6 s
- Angle d'entrée dans l'atmosphère : 68°

Prédiction : zones de chute de météorites

Météore du 01/01/2020

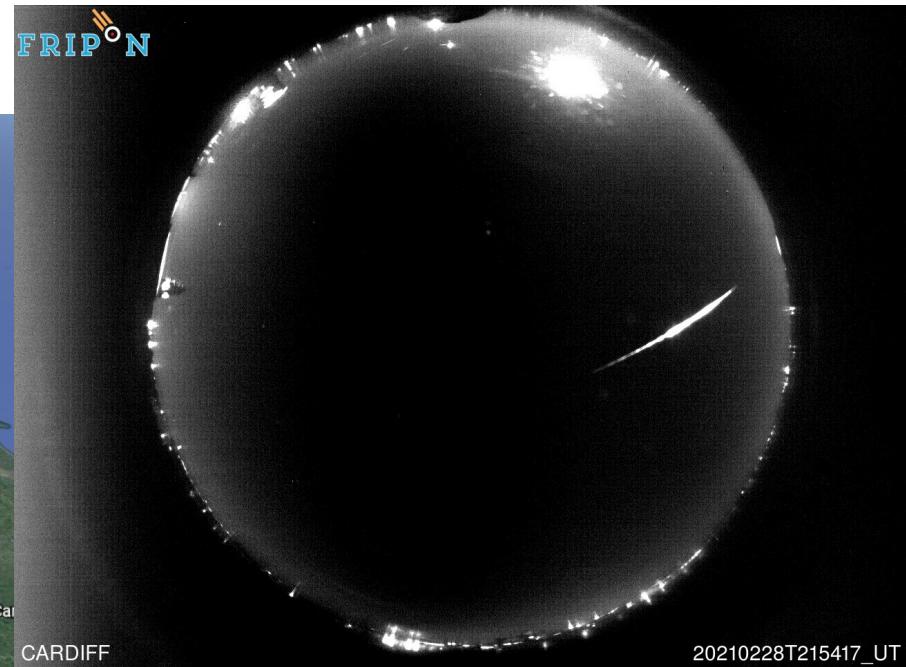


- Chondrite ordinaire de type LL
(pauvre en métaux)
- Masse : 55,3g
- Densité : 3320 kg/m³



Prédiction : zones de chute de météorites

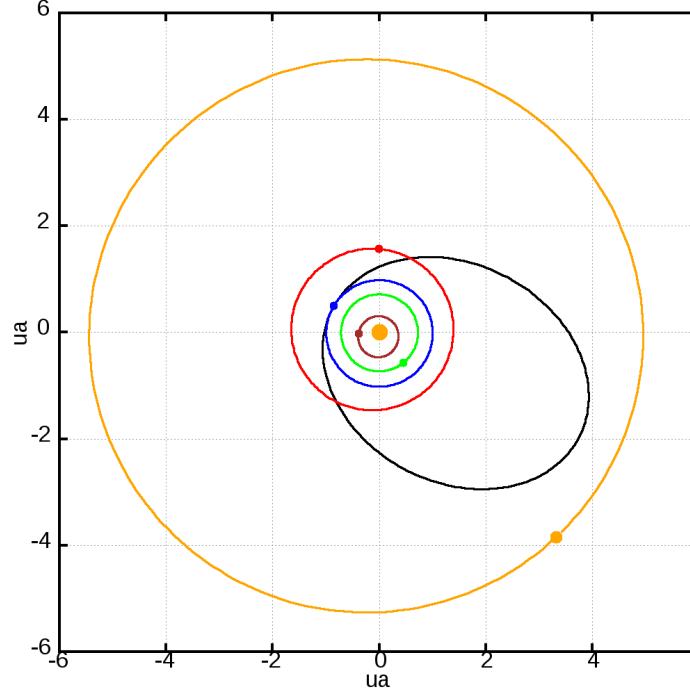
Météore du 28/02/2021



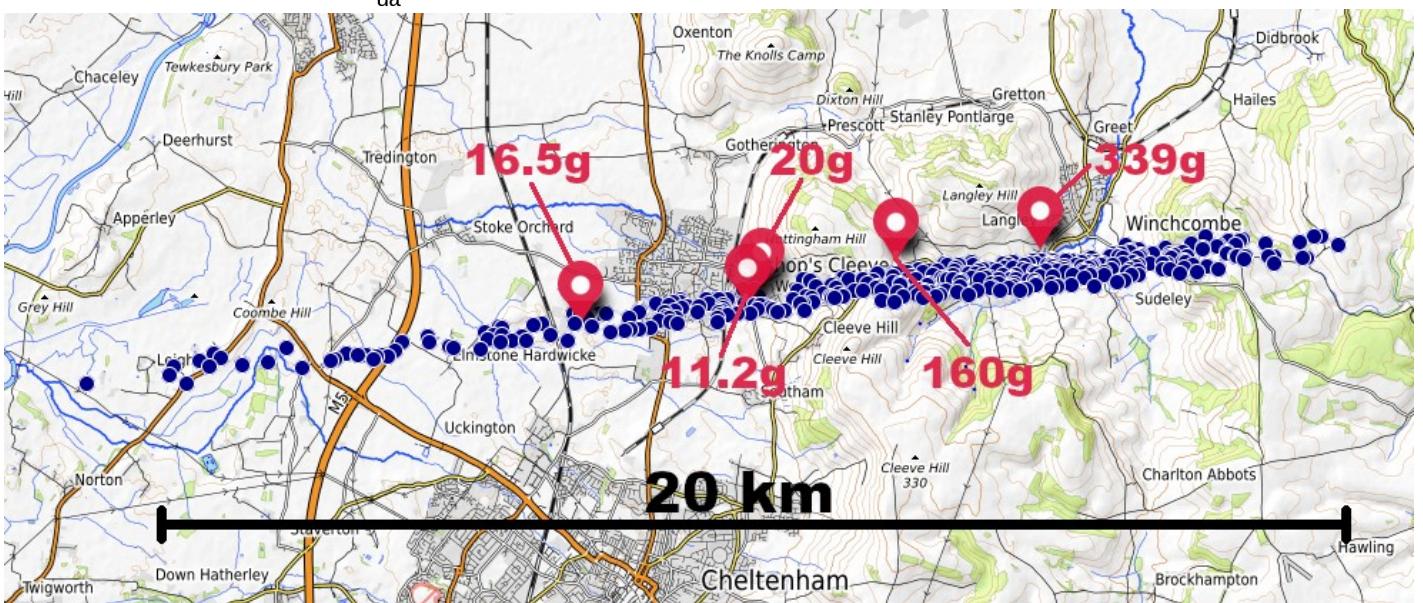
- Vitesse initiale : $13,57 \pm 0,06$ km/s
- Longueur : 83,0 km
- Durée : 6,9 s
- Angle d'entrée dans l'atmosphère : 42°

Prédiction : zones de chute de météorites

Météore du 01/01/2020



- Chondrite carbonée
- Densité : 2250 kg/m^3
- Masse totale : 546,7g



Conclusion

- La modélisation des météores est un compromis entre réalisme et utilité
- Selon les conditions d'observation, nous n'utiliserons pas le même modèle
- La modélisation que nous utilisons parvient à nous donner des outils de compréhension des météores, ainsi que de réaliser des prédictions justes sur la production de météorites et leurs zones de chute.

