

Comment étudier les petits corps du système solaire en restant dans ma rue?



CONCOURS
Collège
Lycée
CGÉNIAL

Sciences à l'École



FONDATION
CGÉNIAL

SOMMAIRE

RESUME

PRESENTATION DE L'EQUIPE

LE CONTEXTE

METHODES DE RECOLTE

1- Récupérateur d'eau.

2- Bâche et tamis.

3- Gouttière aimantée

OSERVATIONS AU LYCEE

Résultats

ANALYSE FINE DES ECHANTILLONS

1- L'institut Chevreul de Lille.

2- Les résultats grâce au MEB.

CONCLUSION

SOURCES

SOMMAIRE
RESUME
PRESENTATION
DE L'EQUIPE
LE CONTEXTE
METHODES DE
RECOLTE
OSERVATIONS
AU LYCEE
ANALYSE DES
ECHANTILLONS
CONCLUSION
SOURCES



RESUME

De très nombreuses micrométéorites tombent chaque jour sur la Terre. Nous avons alors posé la problématique suivante : **Comment étudier les petits corps du système solaire en restant dans ma rue?**

Pour commencer, nous avons conçu deux systèmes de récolte de micrométéorites : Une bouteille en plastique munie d'aimants puissants branchée sur une gouttière récoltant la pluie d'une grande verrière du lycée ; une bâche tendue, trouée en son milieu et connectée à un ensemble de tamis. Nous avons ensuite cherché des structures ayant la forme et l'aspect de micrométéorites dans nos échantillons à l'aide de loupes binoculaires. Nous avons identifié quelques dizaines de spécimens. Restait alors à les analyser. Nous avons contacté M. Leroux, directeur de l'Institut Chevreul à Villeneuve d'Ascq. Nous avons ainsi pu observer plus en détails la surface et la composition chimique de ces particules grâce à un microscope électronique à balayage. Après analyse, l'origine extraterrestre de ces poussières a bien été confirmée!

Au final, nous sommes satisfaits d'avoir mené cette investigation à son terme. Cela nous a permis d'apprendre beaucoup sur le système solaire et sa formation. Cela a également été l'occasion de découvrir l'institut Chevreul, unité de recherche du CNRS travaillant dans le domaine de la chimie et des matériaux.

PRESENTATION DE L'EQUIPE



**Je m'appelle Astrid.
Je souhaite devenir
ingénieure en génie
biologique.**



**Je m'appelle Alice.
Je souhaite faire médecine
afin de devenir par la suite
gériatre.**



**Je m'appelle Jules.
Je souhaite plus tard devenir
paléontologue. Je vais soit aller
à Lille en licence soit en école
d'ingénieur.**

Contexte

Tout le monde a déjà observé une étoile filante dans sa vie, mais à quoi correspond ce phénomène?

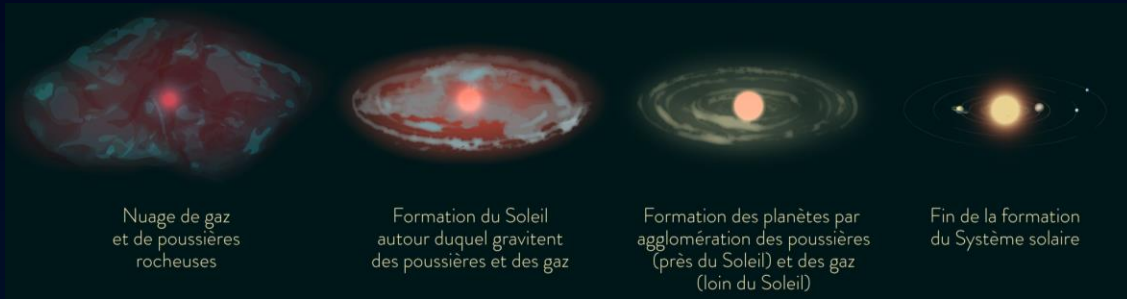
Les étoiles filantes se forment lorsque des petits météores entrent dans l'atmosphère de la Terre. Ils arrivent à une vitesse très importante qui se chiffre en kilomètres par seconde.

En rentrant dans l'atmosphère à très grande vitesse, le météore va comprimer l'air à l'avant, et cet air brutalement comprimé n'a pas le temps de s'échapper, il s'échauffe et va ensuite s'ioniser, se transformant en plasma. La température de ce plasma est alors plus chaude que la surface du soleil, ce qui émet de la lumière. Ce plasma va s'écouler autour de l'objet, entraînant sa fonte partielle ou totale en fonction de sa grosseur. L'étoile filante est née. L'étoile s'éteint lorsque le météore a été pratiquement totalement abrasé par le plasma.

Il nous faut donc chercher des petits corps sphériques qui ont fondu lors de leur entrée dans l'atmosphère.

D'où viennent ces météores?

Les météores sont des objets hérités de la formation de la Terre il y a 4,557.109 années, au moment où le soleil était en train de se former. De nombreux objets étaient en gravitation dans ce qu'on appelle le disque proto-solaire.



A ce moment, les objets issus des étoiles ayant préexisté sont entrés en collision les uns avec les autres, ils ont grossi. C'est ce qu'on appelle la phase d'accrétion.

Les plus gros corps formés vont fondre sous l'action de l'énergie libérée par les éléments radioactifs qui les composent. Ils vont alors subir une

différenciation en fonction des propriétés des éléments fondus, les plus denses, les métaux (fer, nickel,...) au centre, les minéraux silicatés, moins denses, en périphérie.



Ces gros corps différenciés (des protoplanètes) ont pu, lors de collisions ultérieures, se fragmenter, créant alors différents types de corps rocheux, des astéroïdes, qui proviennent de différentes profondeurs du corps précédemment différencié, créant ainsi différents types de futures météorites.



Enfin, certains petits corps ont échappé à ce phénomène d'accrétion. Ils sont donc restés intacts, indifférenciés, depuis la formation du système solaire.

Quelle est la composition des météorites?



Les micrométéorites suivent la même classification que les météorites. On voit ainsi qu'elles ont des origines très diverses, mais elles ont un point commun: ce sont toutes des reliques des premiers stades de l'histoire du système solaire.

METHODES DE RECOLTE

1- LE RECUPERATEUR D'EAU DE PLUIE

Les micrométéorites ayant la taille de poussières, elles se trouvent en suspension dans l'atmosphère, dans les nuages, et elles sont entraînées au sol dans les gouttes de pluie. Nous avons donc eu l'idée de filtrer l'eau de pluie stockée dans un récupérateur d'eau de pluie.



1- LE RECUPERATEUR D'EAU DE PLUIE

Et la recherche de micrométéorites à la loupe binoculaire commence...



1- LE RECUPERATEUR D'EAU DE PLUIE

BILAN: Cette technique récolte malheureusement de nombreuses poussières et de nombreuses particules arrachées à la toiture. Le toit du bâtiment étant constitué de plaques de fibrociment anciennes, les dépôts récoltés étaient pollués par de nombreuses fibres d'amiante. Le caractère nocif de ces particules nous a empêché de travailler sur ces échantillons.



Un peu de réflexion...



...un trou dans une bâche...



...du scotch, des tamis...



...beaucoup de scotch...



...et le tour est joué!



METHODES DE RECOLTE

2- LA BACHE TENDUE AU DESSUS D'UN TAMIS

Ici encore, l'idée est de récolter l'eau de pluie censée contenir des micrométéorites et de les piéger à l'aide d'une colonne de tamis.

Géminides et Ursides : Les étoiles filantes du mois de décembre...que nous allons tenter de capturer !

Les **Géminides** doivent leur nom à leur radiant (point dans le ciel d'où semblent venir les étoiles filantes par effet de perspective) situé dans la **constellation des Gémeaux**.

Ce ne sont bien sûr pas des étoiles qui filent, mais des traces lumineuses laissées par des poussières qui rentrent dans l'atmosphère. Les Géminides proviennent de poussières semées par l'astéroïde Phaeton (qui pourrait être un noyau de comète «asséché»).

Les Géminides se produisent classiquement du 4 au 17 décembre, et pour 2023 le maximum est attendu dans la nuit du 14 au 15 décembre.

Plus modestes, les Ursides peuvent offrir une dizaine de météores par heure (avec des pics à 50 parfois).

Leur période s'étend du 17 au 26 décembre et pour 2023 le pic est prévu le 23 décembre à 5h du matin.

Le radiant se situant dans la Petite Ourse (Ursa Minor d'où Ursides), on la repérera du côté de l'horizon Nord. Les Ursides proviennent de poussières issues de la comète 8P/Tuttle.

2- LA BACHE TENDUE AU DESSUS D'UN TAMIS



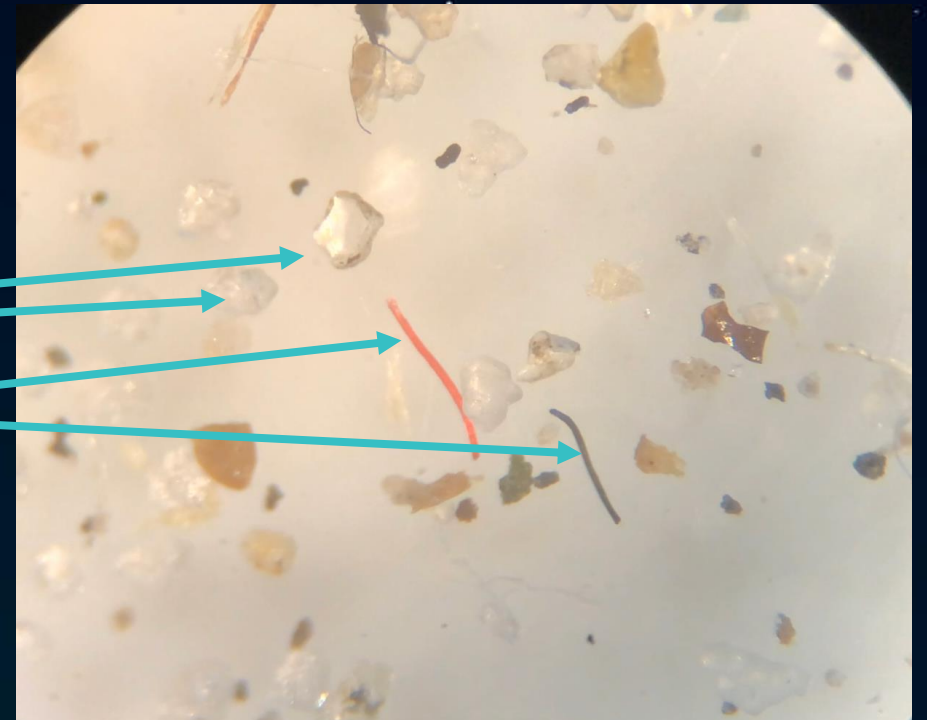
Afin d'optimiser la capture de micrométéorites, nous avons décidé d'installer la bâche au mois de décembre afin de profiter du passage des Géminides et des Ursides.

Malheureusement, les nombreuses tempêtes de cet hiver ont eu raison de notre installation pendant les vacances.



2- LA BACHE TENDUE AU DESSUS D'UN TAMIS

RESULTATS



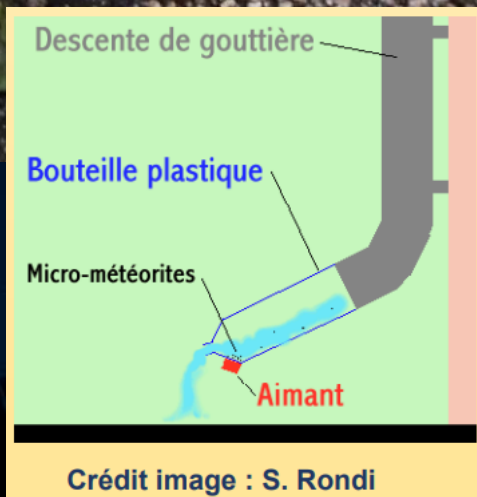
Malgré le mauvais temps, cette deuxième technique nous a permis de récolter de nombreuses poussières, de nombreux grains de sables ainsi que de nombreuses fibres de microplastique, mais aucun objet ressemblant à des micrométéorites. Nous avons conclu que notre bâche était trop proche du sol, ce qui explique les nombreux contaminants, et que la surface étant trop faible, nous avons peu de chance de récolter des objets extra-terrestres en si peu de temps.

METHODES DE RECOLTE

3- LA BOUTEILLE MUNIE D'AIMANTS EN SORTIE DE GOUTTIERE.

Afin d'augmenter la surface collectrice, nous avons décidé d'utiliser une grande verrière du lycée, d'une surface de 400m². Nous avons donc installé une bouteille en plastique au bas de la gouttière d'évacuation de l'eau.

D'autre part, afin de ne pas retrouver de sable et de microplastiques ou d'autres débris, nous avons décidé d'installer dans la bouteille de puissants aimants afin de piéger les météorites ferreuses. Nous ne récolterons pas toutes les micrométéorites, mais l'échantillon sera plus facile à analyser.



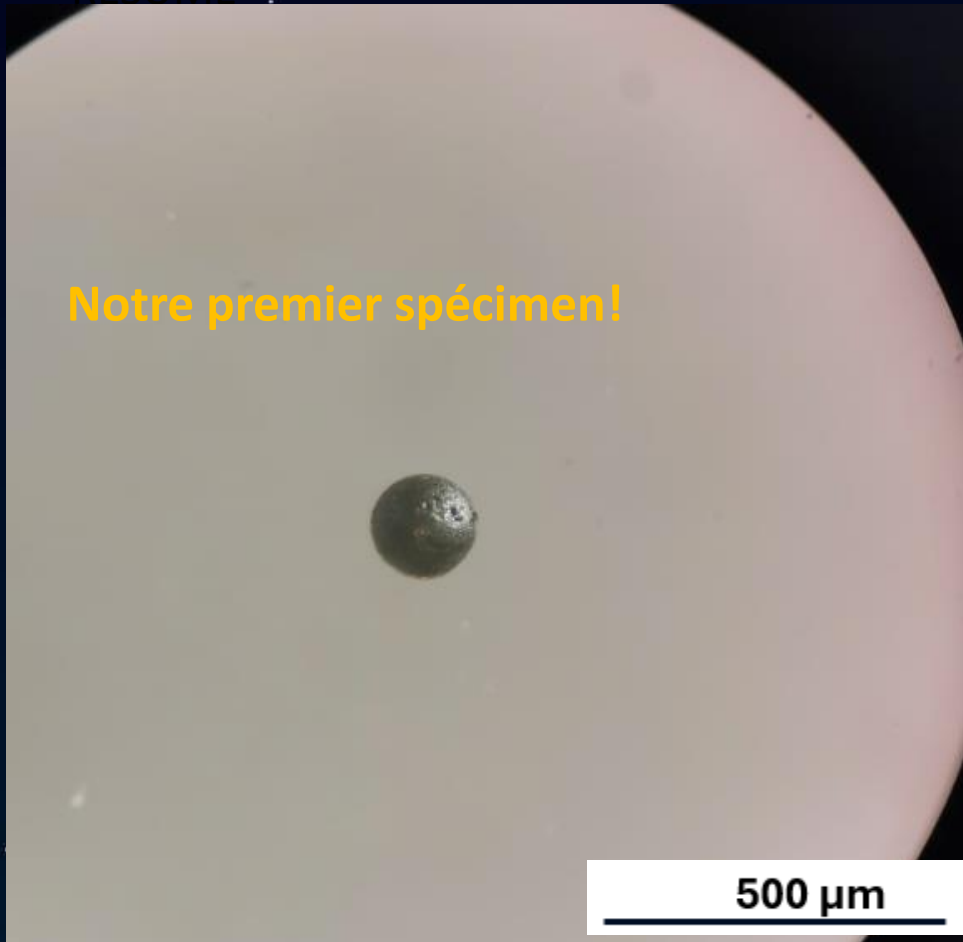


...et les séances d'observation à la loupe binoculaire reprennent...

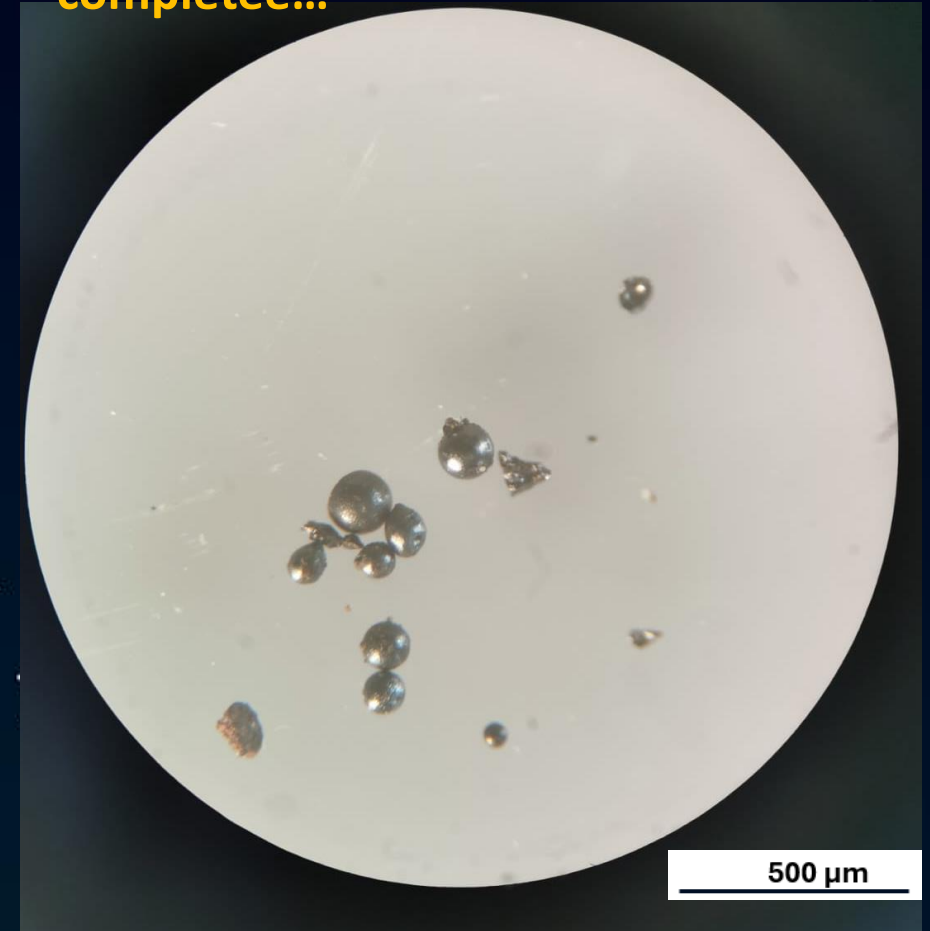


Et voici les résultats!

SOMMAIRE
RESUME

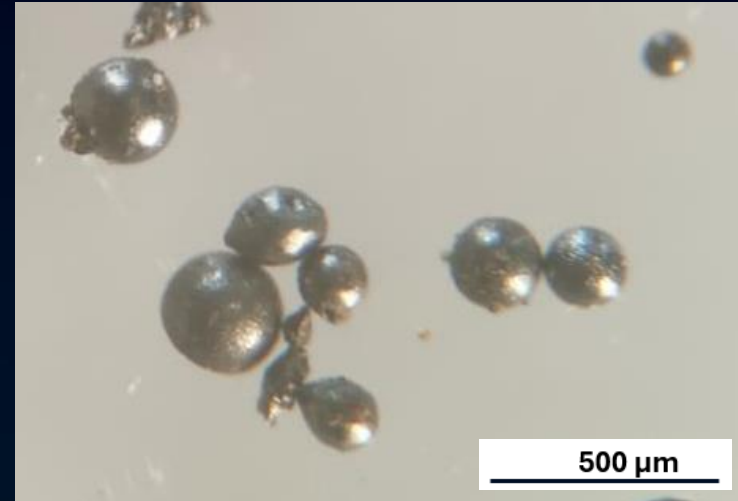
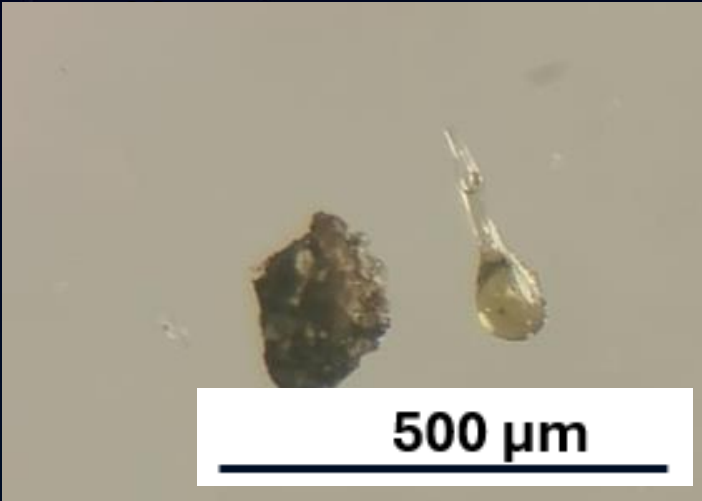


Mais la collection s'est rapidement complétée...

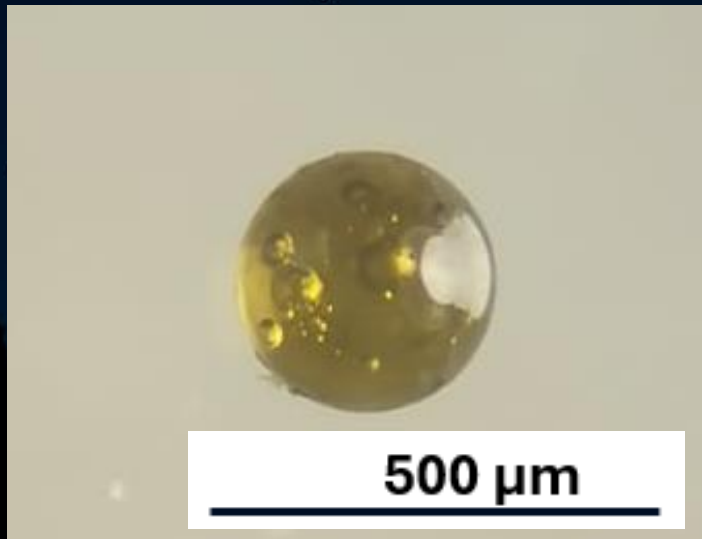


Observations à la loupe binoculaire.

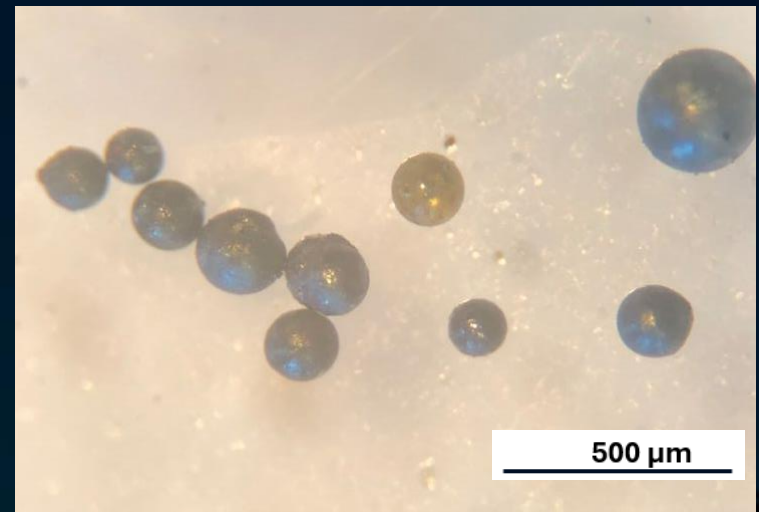
Et voici les résultats!



ANALYSE DES



Nous avons alors récolté une cinquantaine d'objets de forme sphérique, avec une grande majorité de corps métalliques, comme nous nous y attendions, mais également des corps d'apparence plutôt vitreuse.





Nous avons alors décidé de faire une analyse plus poussée de nos échantillons. Nous avons contacté M. Leroux, directeur adjoint de l'Institut Chevreul, qui est une plateforme de caractérisation avancée de l'Université de Lille



L'Institut Chevreul, qui fédère les activités du secteur Chimie-Matériaux, héberge et coordonne les activités de la plateforme de caractérisation avancée de l'Université de Lille. Cette plateforme, constituée de 8 pôles instrumentaux, couvre un large spectre d'activités de recherche académiques et partenariales. Elle est reconnue sur le plan national et international pour la haute technicité de ses équipements et pour le savoir-faire et l'expertise de ses personnels en matière d'analyses chimiques et/ou structurales. Elle est également le siège de nombreux développements méthodologiques et technologiques lui assurant son maintien au plus haut niveau de performance. Ouverte aux prestations et aux contrats de recherche collaboratifs, la plateforme de caractérisation avancée favorise et accompagne la recherche partenariale. Elle organise également des actions de formation à destination des personnels des secteurs académiques et industriels.

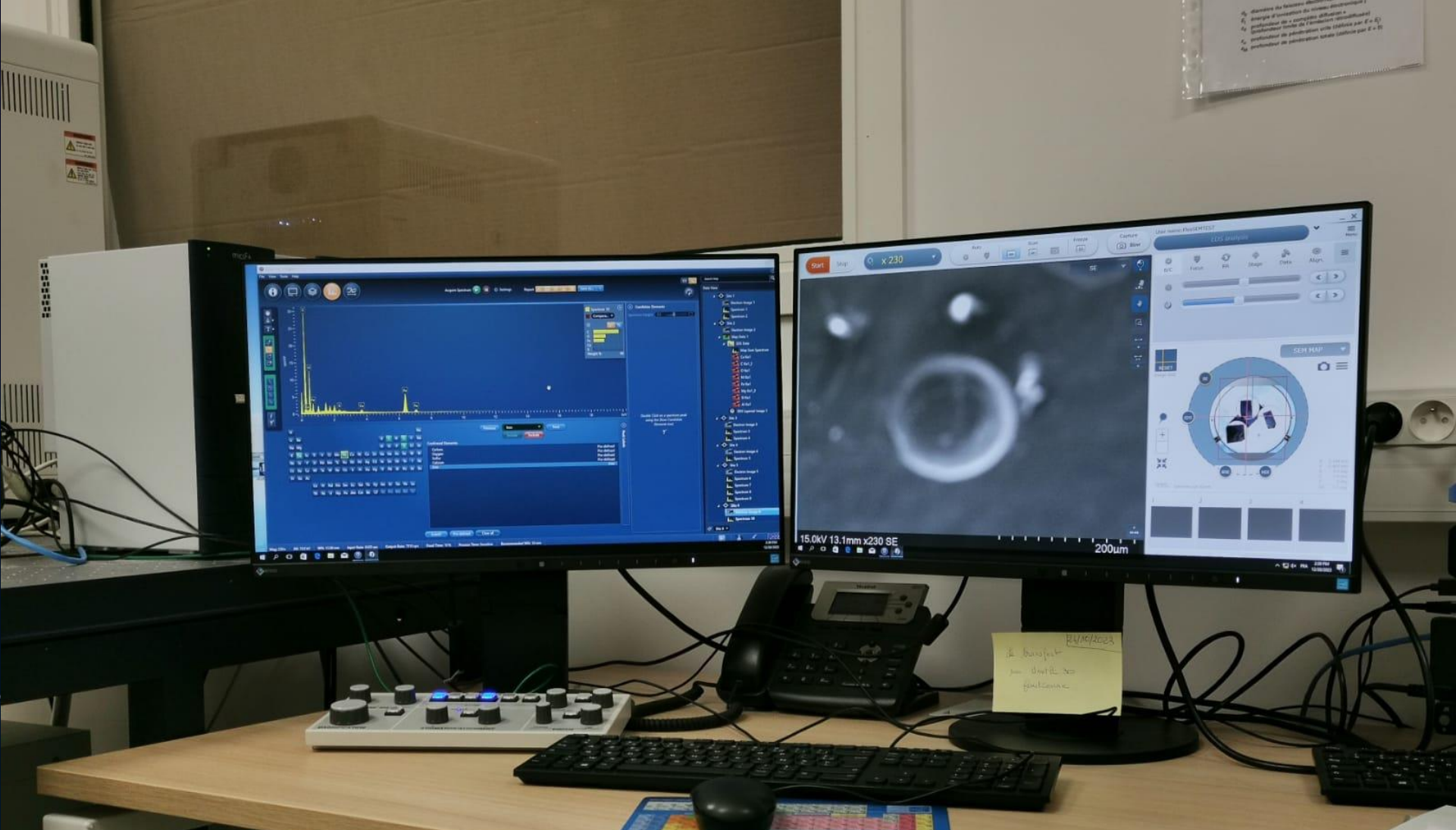
MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

Compétences

- Imagerie électronique couvrant la gamme d'échelle du micromètre à l'atome en MEB et MET.
- Analyse et cartographie chimique par EDX et EELS.
- Caractérisation micro/nano-structurale par diffraction, cartographies en MEB-EBSD et MET-ACOM-ASTAR.

Contact : pole-microscopie-electronique@univ-lille.fr



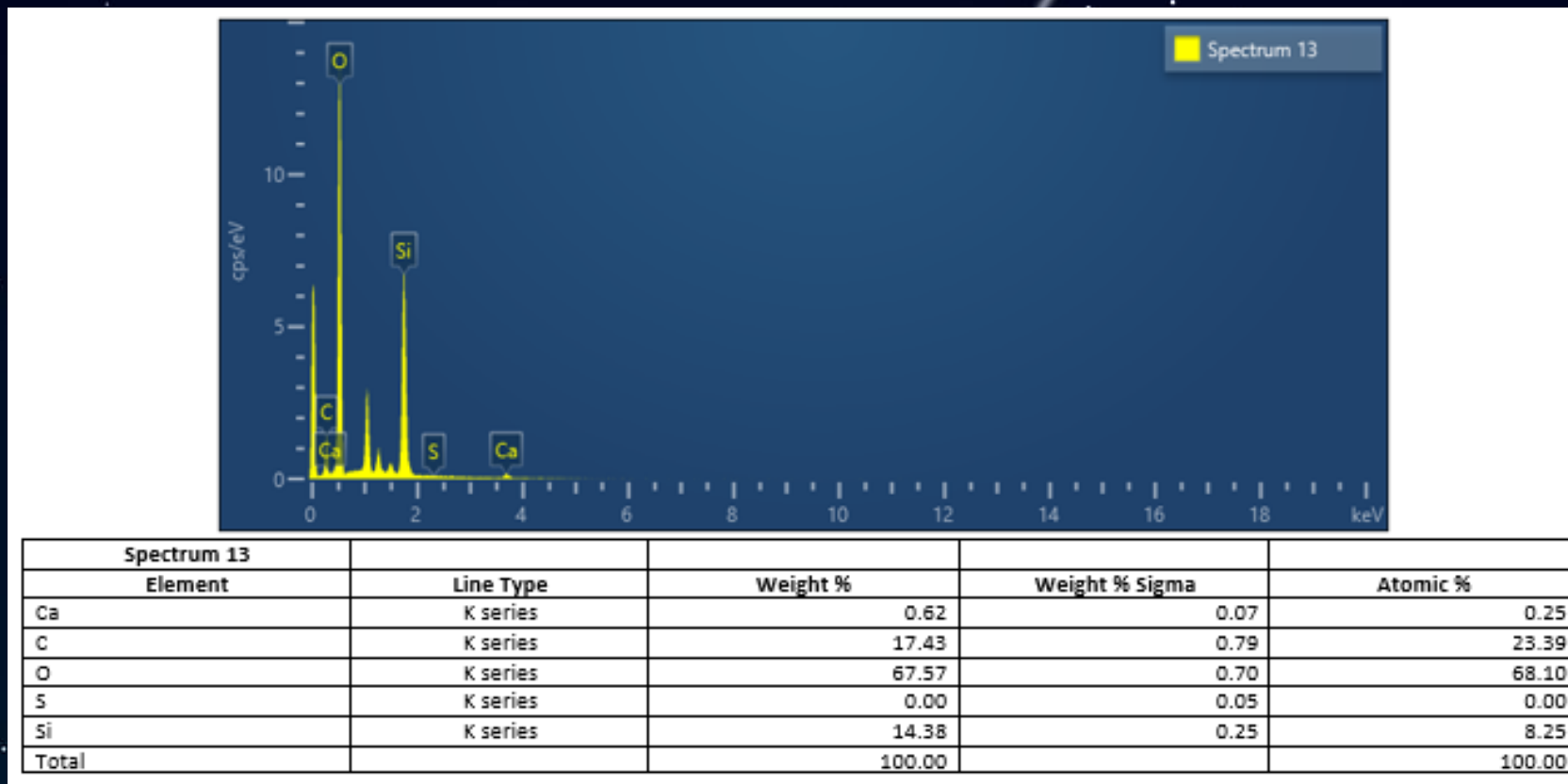


Nous avons pu, grâce à un microscope électronique à balayage couplé à un système d'analyse par diffraction, obtenir des images très fortement grossie de nos échantillons ainsi qu'une analyse chimique.

Premier corps analysé: échantillon d'aspect vitreux

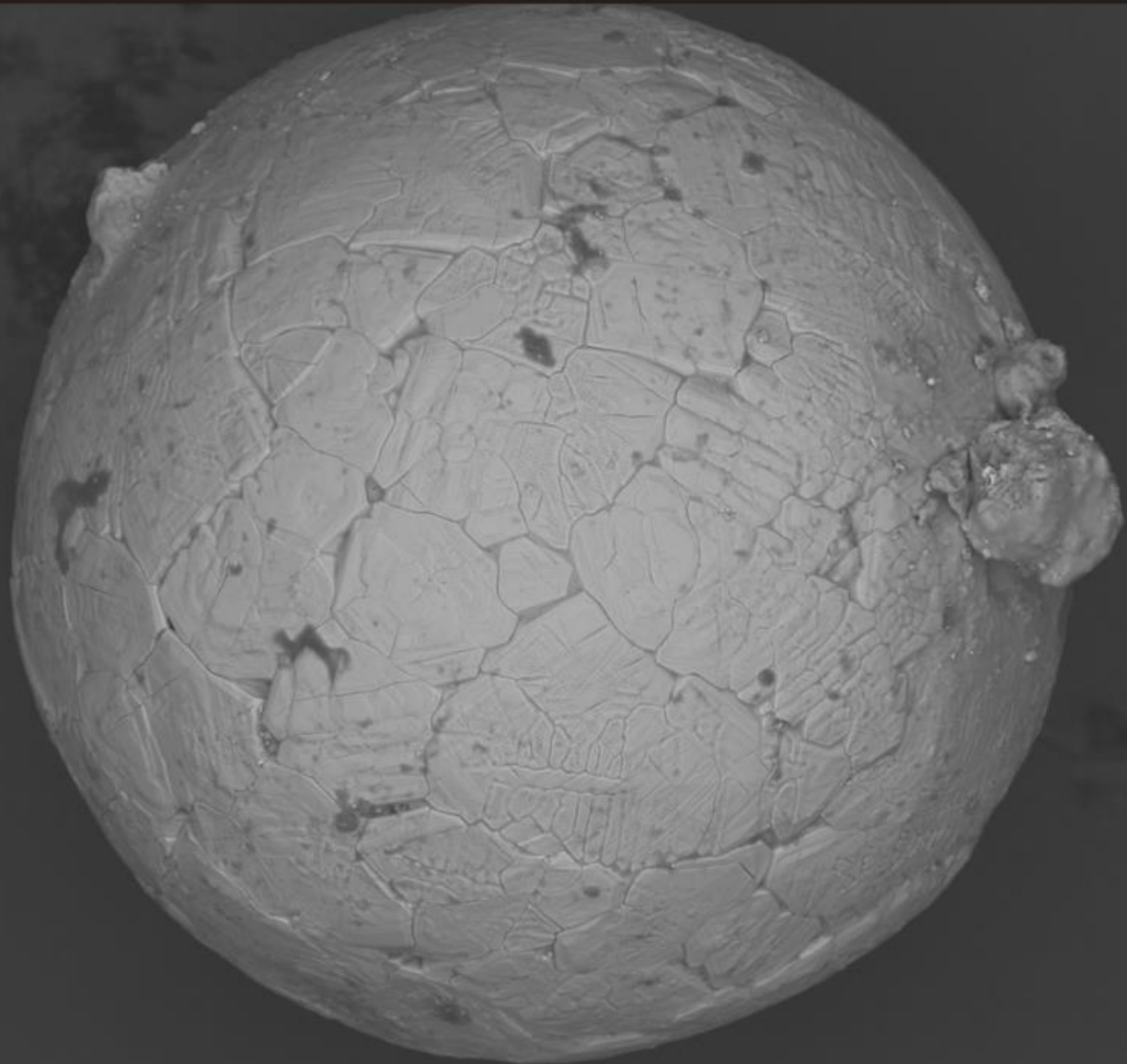


Premier corps analysé: échantillon d'aspect vitreux



L'analyse chimique de cet échantillon montre une grande richesse en silice et en oxygène, constituant principaux de silicates. Cependant, les autres éléments fréquents dans les météorites silicatés, à savoir le fer, le magnésium, ne sont pas présents. Cet échantillon est très certainement d'origine terrestre, un résidu de laine de verre fondue par exemple.

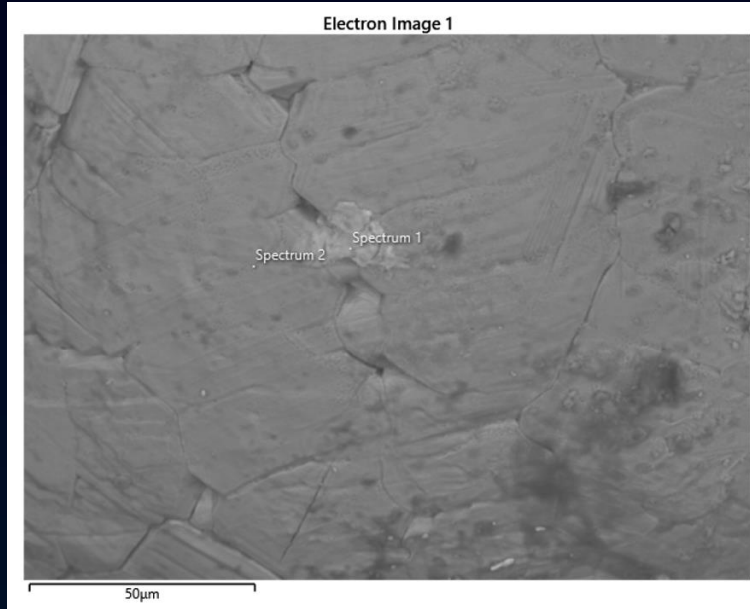
Deuxième corps analysé: échantillon métallique-a



Nous avons comparé l'aspect de notre échantillon avec les spécimens présentés dans le livre 'On the trail of stardust' de Jon Larsen , et cet aspect est très semblable à une sphérule d'ablation, qui correspond à un fragment de météorite qui se détache d'une plus grosse météorite lorsqu'elle entre dans l'atmosphère.

L'origine extraterrestre est maintenant à confirmer par l'analyse chimique.

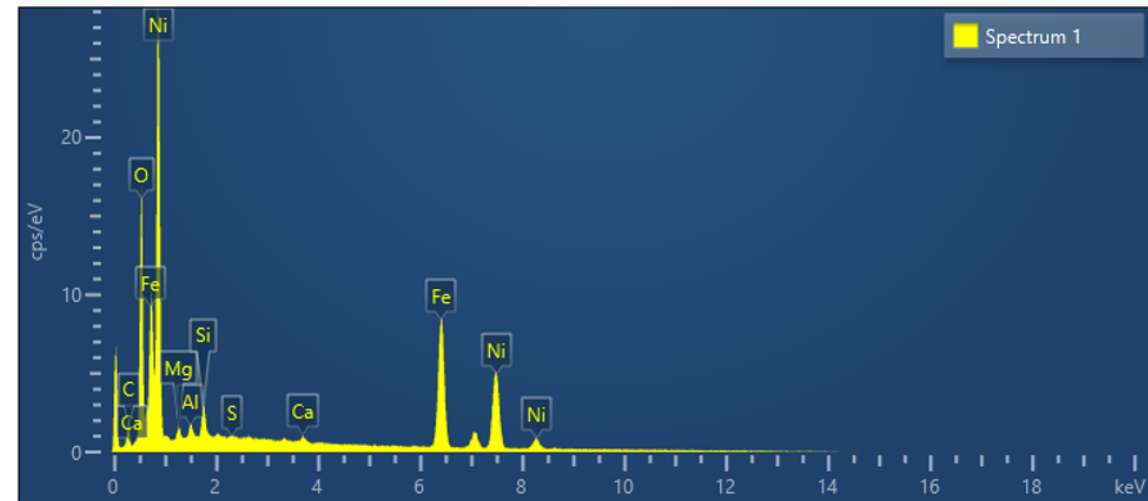
Deuxième corps analysé: échantillon métallique-a



L'analyse chimique par diffraction nous montre une forte quantité de carbone, d'oxygène, mais également de fer et de Nickel. La présence de ces deux métaux et un indice sérieux sur l'origine extraterrestre de notre échantillon.

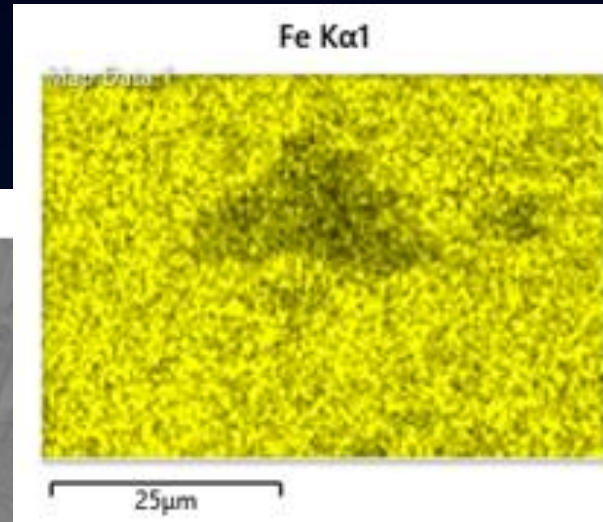
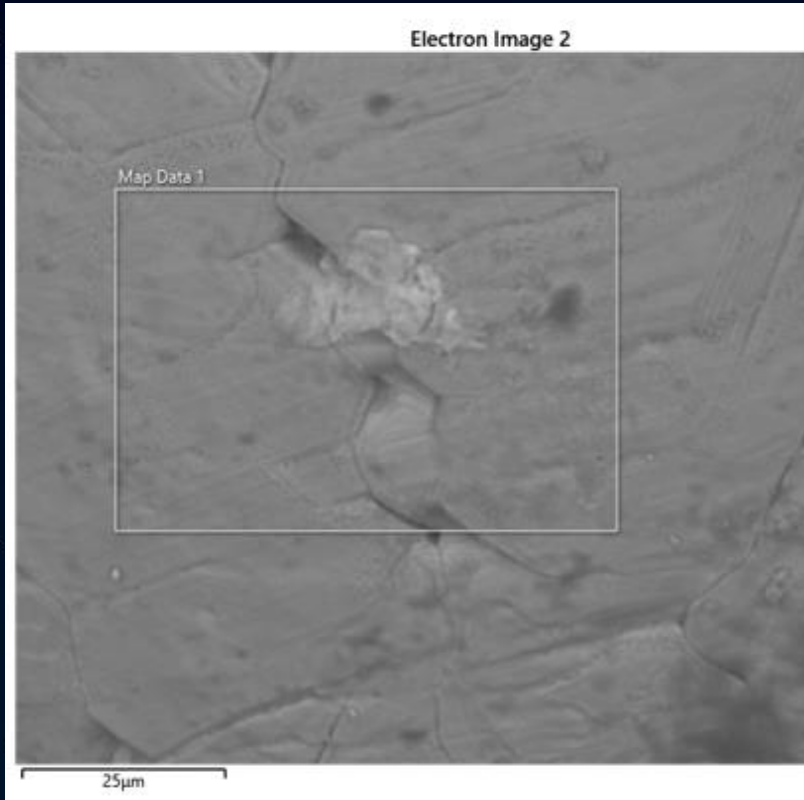
Project 1

12/20/2023



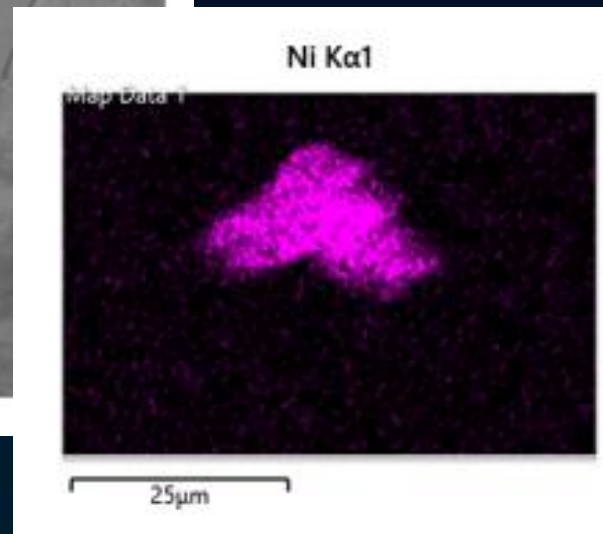
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	0.39	0.05	0.31
C	K series	7.05	0.33	18.83
O	K series	18.71	0.20	37.52
S	K series	0.09	0.04	0.09
Si	K series	1.46	0.06	1.67
Al	K series	0.73	0.06	0.86
Fe	K series	33.28	0.28	19.12
Mg	K series	0.87	0.07	1.15
Ni	K series	37.42	0.32	20.45
Total		100.00		100.00

Deuxième corps analysé: échantillon métallique-a



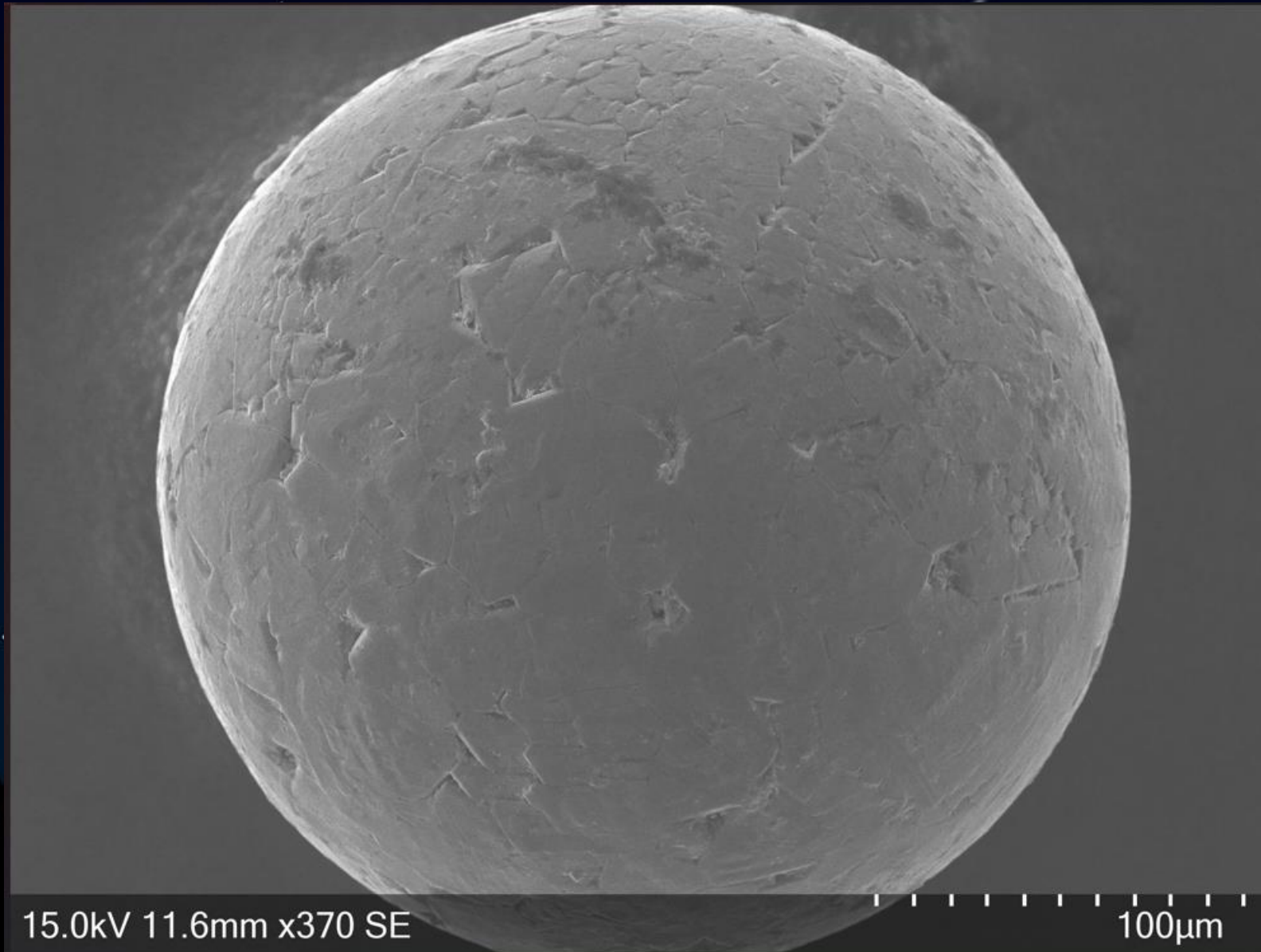
La coloration jaune indique les régions riches en fer.

Cette analyse plus ciblée permet de montrer la répartition de la zone riche en fer et de la zone riche en Nickel

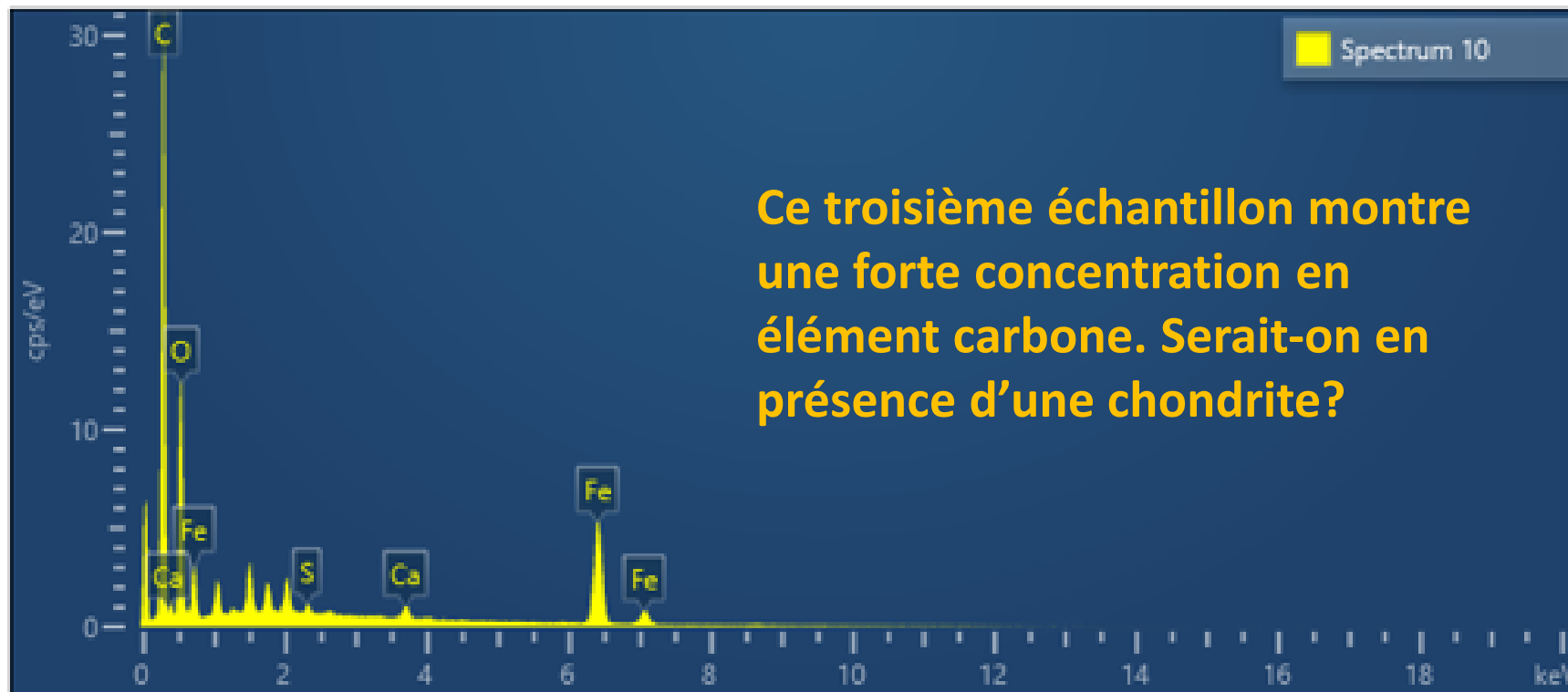


La coloration en rose indique les régions riches en Nickel.

Troisième corps analysé: échantillon métallique-b



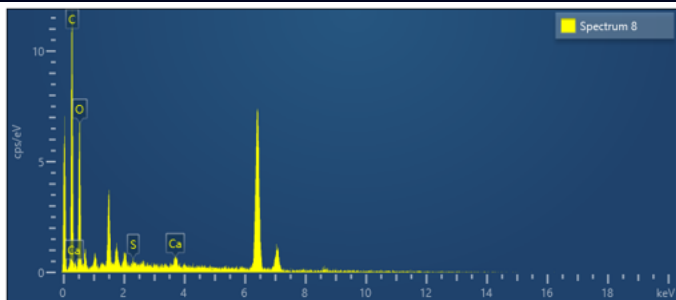
Troisième corps analysé: échantillon métallique-b



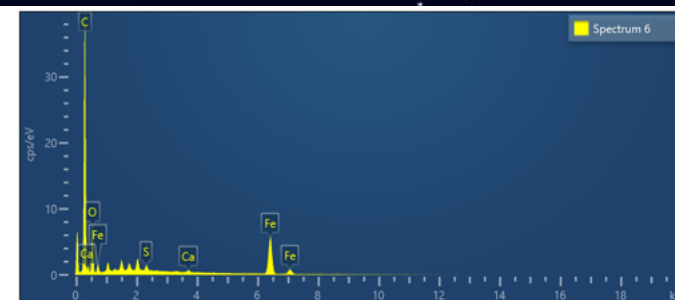
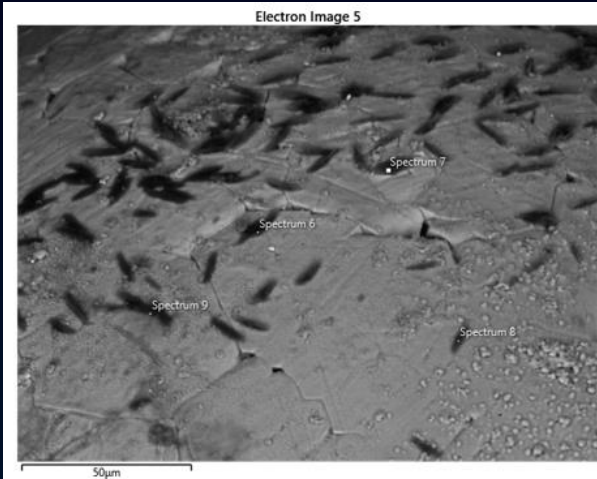
Ce troisième échantillon montre une forte concentration en élément carbone. Serait-on en présence d'une chondrite?

Spectrum 10				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	0.67	0.04	0.27
C	K series	51.79	0.27	68.46
O	K series	24.99	0.24	24.80
S	K series	0.31	0.03	0.15
Fe	K series	22.24	0.21	6.32
Total		100.00		100.00

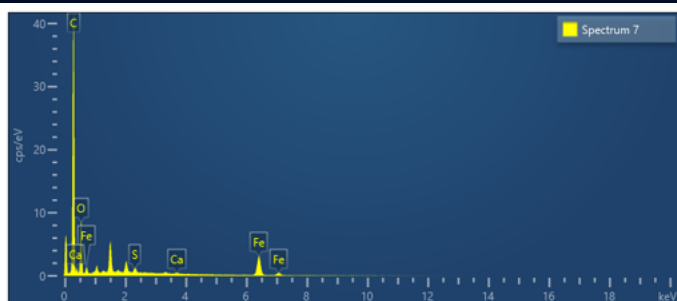
Troisième corps analysé: échantillon métallique-b



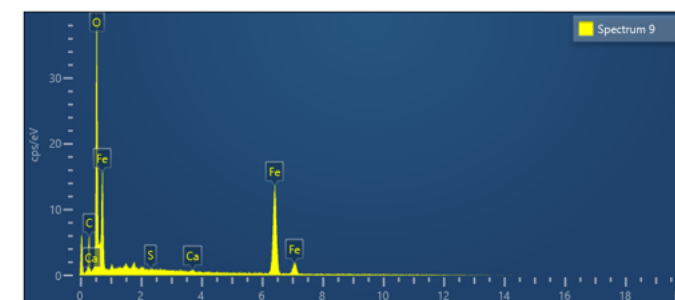
Spectrum 8				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	1.64	0.27	0.56
C	K series	51.47	1.08	59.15
O	K series	46.48	1.09	40.10
S	K series	0.42	0.15	0.18
Total		100.00		100.00



Spectrum 6				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	0.29	0.03	0.11
C	K series	60.42	0.26	77.67
O	K series	16.34	0.21	15.77
S	K series	0.48	0.03	0.23
Fe	K series	22.47	0.21	6.21
Total		100.00		100.00



Spectrum 7				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	0.18	0.04	0.06
C	K series	63.84	0.29	76.55
O	K series	21.79	0.27	19.62
S	K series	0.52	0.03	0.23
Fe	K series	13.67	0.20	3.53
Total		100.00		100.00



Spectrum 9				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
Ca	K series	0.28	0.07	0.16
C	K series	13.75	0.54	26.57
O	K series	36.23	0.44	52.56
S	K series	0.10	0.06	0.07
Fe	K series	49.64	0.50	20.63
Total		100.00		100.00

L'analyse plus ciblée, sur plusieurs zones, montre la constance de la présence de carbone, mais aussi de fer et d'oxygène. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que cet échantillon est une micrométéorite.

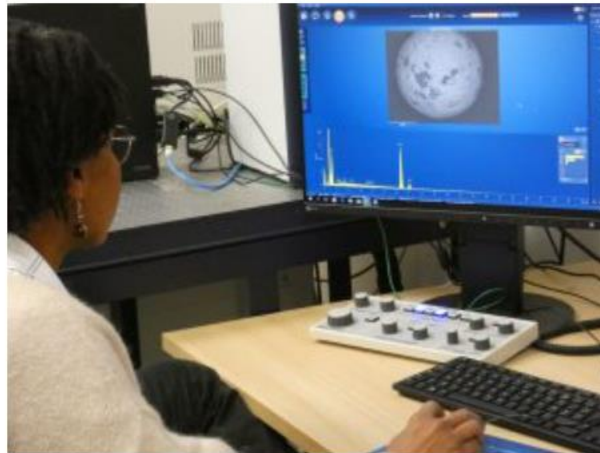


Un bilan très positif de l'analyse au MEB.

Le 20 décembre dernier, le Pôle de Microscopie Électronique de Lille a accueilli trois lycéennes et lycéens de première du lycée Édouard Branly à Boulogne-sur-Mer qui concourent aux olympiades de géosciences. Pour répondre au thème de cette année, « Géologie dans ma rue », Alice, Astrid et Jules cherchent à récolter des micrométéorites directement chez eux, avec l'aide de Christophe Verna, enseignant en SVT et Christophe Van de Walle, préparateur pour les laboratoires du lycée.

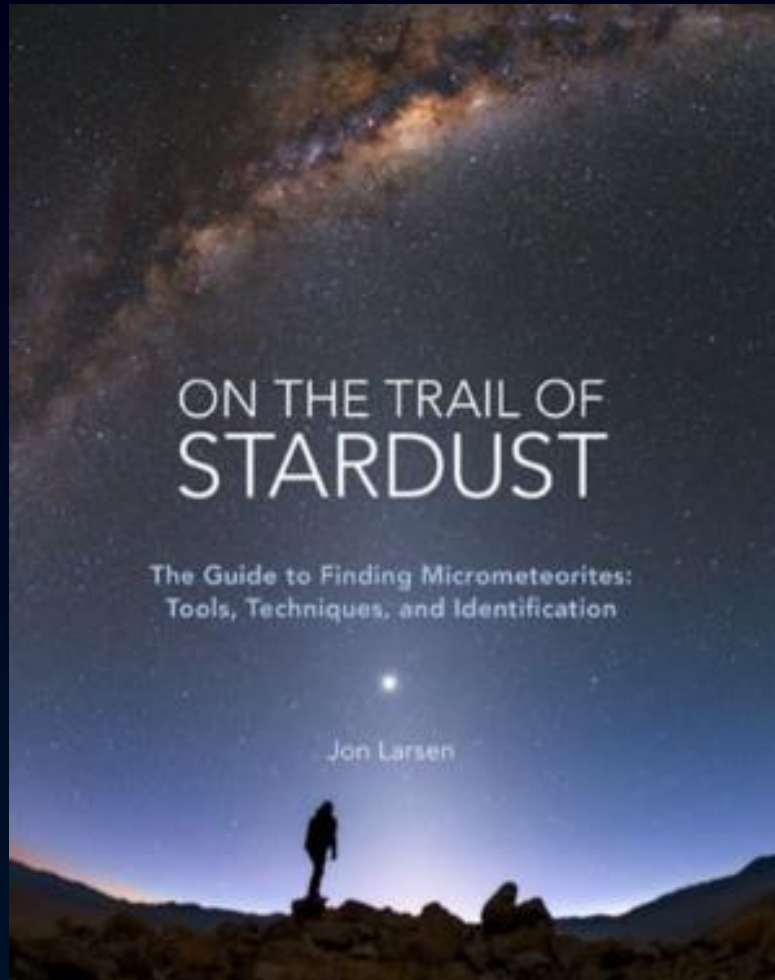
Les échantillons qu'ils ont récoltés avec des dispositifs faits maison contiennent des particules d'une rondeur remarquable, première caractéristique essentielle des micrométéorites. En venant à l'Institut, ils ont pu observer plus en détails la surface et la composition chimique de ces particules grâce à un des microscopes électroniques à balayage. Après analyse, l'origine extraterrestre de ces poussières a bien été confirmée !

Avec ces images et ces nouvelles données, ils doivent maintenant réaliser une courte vidéo de présentation de leurs travaux qu'ils mènent depuis septembre pour espérer remporter une place au concours CGénial, sous la forme d'un stand et face à un jury. Bonne chance à eux !



Pour conclure, nous pouvons dire que nous avons réussi à récolter de nombreux échantillons ressemblant à des micrométéorites, mais qu'il est difficile d'affirmer qu'elles en sont vraiment sans avoir une analyse chimique poussée. En effet, de nombreux polluants d'origine terrestre (fumées industrielles, particules émises par les systèmes de freinage des voitures,...) ont des formes de sphérules qui ressemblent fort à des micrométéorites. Cependant, l'analyse effectuée à la plateforme de caractérisation avancée de Lille semble nous confirmer que nous avons bien réussi à capturer un échantillon du système solaire!





SOURCES SITOGRAPHIE



Muséum national d'Histoire naturelle

<https://www.mnhn.fr> > collecte-de-poussieres-cosmique... ⋮

Collecte de poussières cosmiques au centre de l'Antarctique



Le Journal de l'Animation

<https://www.jdanimation.fr> > zoo > pdf > bonus PDF

Récolter des étoiles filantes



Sciences et Avenir

<https://www.sciencesetavenir.fr> > Espace > Astrophysique

Les micrométéorites urbains

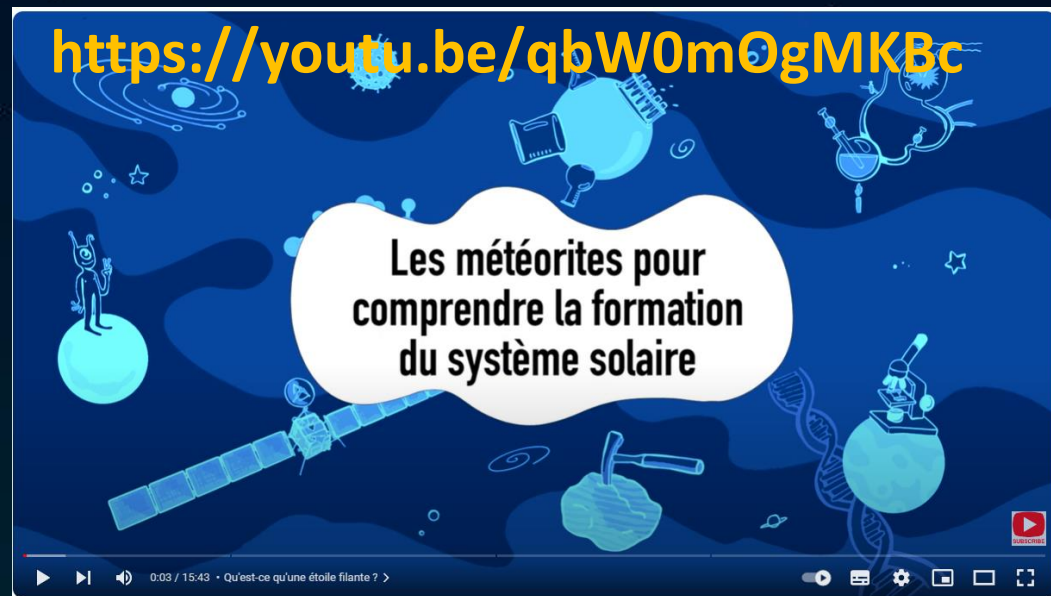


Astrosurf

<http://www.astrosurf.com> > micrometeorites PDF ⋮

Récolter et observer des micrométéorites

<https://youtu.be/qbW0m0gMKBc>



LES MÉTÉORITES POUR COMPRENDRE LA FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE



Un grand merci à:

Hughes Leroux, directeur adjoint de l'Institut Chevreul

Mme Blanchenet, qui a réalisé les manipulations au microscope électronique à balayage.

Christophe Van De Walle, adjoint technique du laboratoire, qui nous a aidé à concevoir et réaliser les expériences

Christophe Verna, professeur de SVT.

L'ensemble du personnel administratif pour l'aide logistique.

