

SESSION 2009

## OLYMPIADES DES GEOSCIENCES

*Les Olympiades des géosciences ont été créées en 2008 dans le cadre de l'Année Internationale de la planète Terre. Elles sont ouvertes aux lycéens volontaires de seconde, première et terminale de l'enseignement général. Les élèves travaillent en équipe (trois élèves maximum).*

# ACADEMIES DE BORDEAUX, CLERMONT-FERRAND, LIMOGES, POITIERS, TOULOUSE

Durée de l'épreuve : 4h.

*Le sujet se compose de quatre exercices notés sur dix points chacun.*

*Il comporte de nombreux documents mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.*

*La page 11 est à rendre avec la copie.*

1

## Exercice 3 : La météorite de Rochechouart-Chassenon

La région de Rochechouart-Chassenon, en bordure nord-ouest du Massif-Central, s'étend sur environ 200 km<sup>2</sup> et se situe principalement dans le socle cristallin de la chaîne de montagnes hercynienne. Il y affleure des roches particulières, les impactites.

Ces roches ont été longtemps expliquées par le biais du volcanisme. Dans les années 60, un géologue et minéralogiste hongrois naturalisé français émet pour la première fois l'hypothèse que ces roches résultent d'un impact météoritique sur Terre.

1. Extraire des documents 1 à 5 des indices géologiques qui ont permis à François Kraut de privilégier l'origine météoritique des roches de la région de Rochechouart-Chassenon ?

**Document 1 : note de François Kraut lu à l'Académie des sciences de Paris le 8 mai 1967.**



« Les brèches "volcaniques" de la région de Rochechouart, en particulier celles de Chassenon, montrent de grandes analogies avec les suévites du Ries. Le quartz qu'elles renferment présente des pseudo-clivages remarquables suivant plusieurs plans cristallographiques. (...) »

En résumé (...):

- la roche de Chassenon est une brèche volcanique. Dans ce cas les verres qu'elle contient seraient des laves vitreuses et les dislocations du quartz, attribuées généralement aux ondes de choc, peuvent être provoquées par une explosion volcanique.
- ce sont des impactites et les verres résulteraient de la fusion de roches frappées par une météorite. Dans ce cas toute la géologie régionale doit être reconsidérée. »

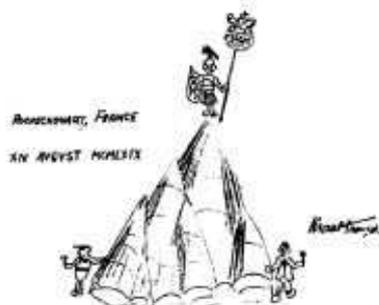
*F. Kraut : Sur l'origine des clivages du quartz dans les brèches « volcaniques » de la région de Rochechouart, présentée par M. Jean Orcel – CR Académie des sciences de Paris 05/06/1967*

**Document 2 : compte-rendu de la découverte de cônes de percussion par B. Fredriksson, géologue américain en visite en France et avec lequel F. Kraut travaillait.**

« Nous étions allés avec lui (F. Kraut) en France à Rochechouart, [...] à la recherche de cônes de percussion, un voyage autant éducatif que gastronomique. [...] »

Nous étions très découragés à la fin de notre voyage en quête de cônes de percussion, mais avons fait un dernier arrêt. Et voilà ! François se tenait le long d'un mur, et quand nous nous sommes tous tournés nous avons immédiatement découvert des cônes sur le mur ! Ainsi, nous les avons recherchés dans les roches du pays alors qu'il suffisait de regarder les pierres des murs et des murets ! Nous avons tous bien ri. »

*B.M. French, Travel Report : trip to Europe (France, W. Germany, Britain) 8 aug-9 oct 1969, 25 février 1970, NASA*



*Dessin effectué par François Kraut pour illustrer la découverte des cônes de percussion*

**Document 3 : l'astrolème de Ries (Nördlinger Ries)**



Le Ries est une dépression située dans l'ouest de la Bavière dont la forme presque circulaire et le caractère plat la distingue de manière surprenante du paysage accidenté alentour. Il a été prouvé en 1960 que le Ries était dû à un impact de météorite vieux d'environ 15 millions d'années.

L'astrolème de Ries compte parmi les cratères météoritiques les plus importants sur la surface de la terre.

Les suévites\* sont les roches du cratère du Ries contenant des éléments vitreux.

\* Le terme est dérivé de *Suèves*, nom d'une peuplade germanique s'étant établie en Souabe, région historique d'Allemagne.



Photos par by Mark Bostick  
[www.meteorite-times.com](http://www.meteorite-times.com)

Coupe dans un échantillon de suévites.

**Document 4 : Cônes de percussion du cratère d'impact de Sudbury, Canada**



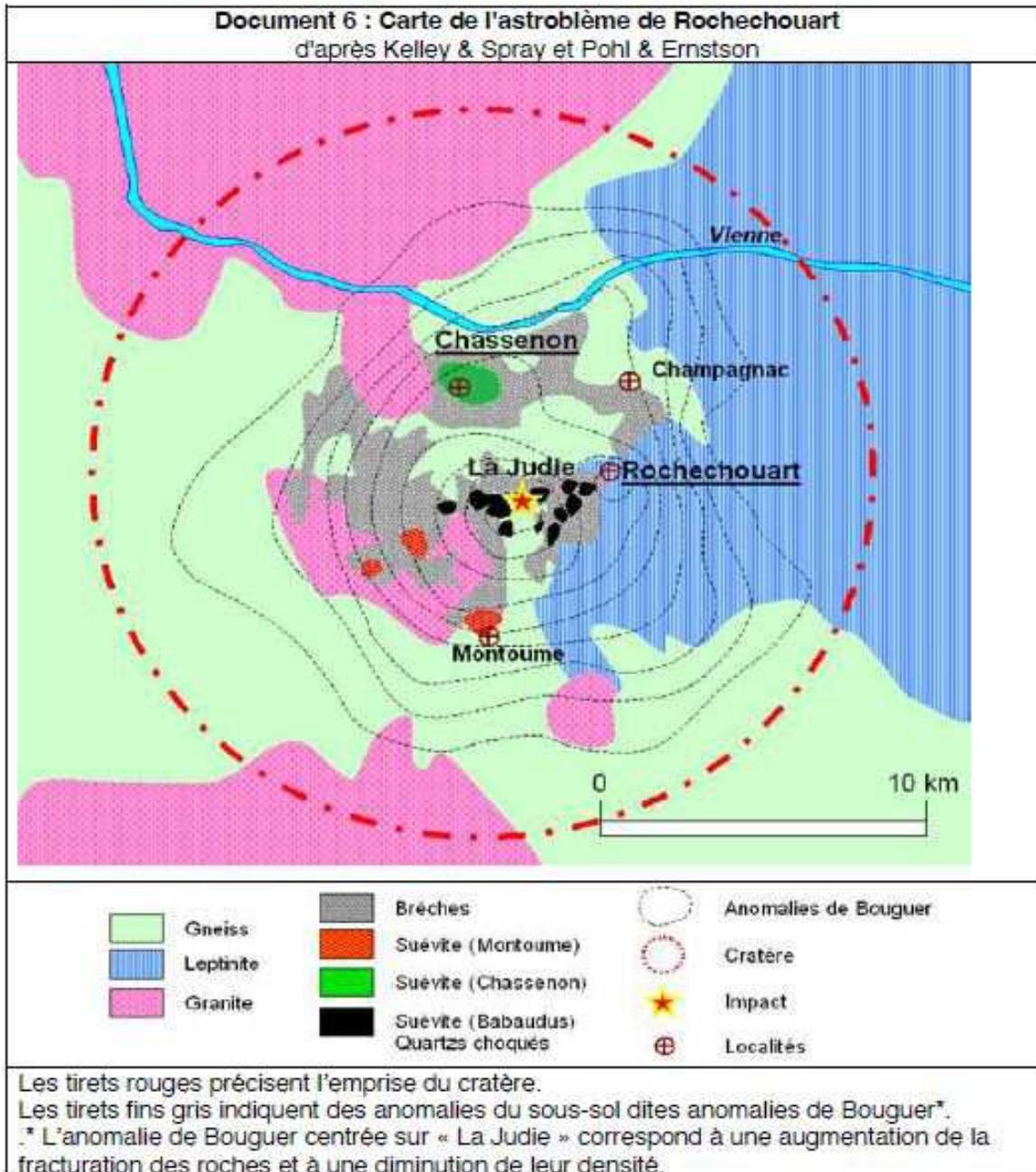
**Documents 5 : Quartz choqués**

Ces quartz sont caractérisés par la présence des plans de dislocation très fins. Leur formation est maintenant bien connue et s'explique par les effets mécaniques d'un impact à très grande vitesse sur une roche contenant des cristaux de quartz.



L'énergie libérée par l'impact de la météorite de Rochechouart fut énorme et le cratère faisait environ 19 à 23 kilomètres de diamètre (le diamètre ainsi que la profondeur restent des sujets ouverts). Aucun fragment de la météorite n'a subsisté. Elle s'est complètement vaporisée sous la violence de l'impact. Mais les roches terrestres ont été complètement remodelées. Certaines ont été vaporisées, d'autres désagrégées ou projetées à plus de 400 kilomètres de là, d'autres enfin, en sous-sol, ont été comprimées, fracturées ou choquées. L'ensemble s'est recombéné, refroidi, et a formé ce que les géologues appellent l'astroblème de Rochechouart. La nature des roches de cet astroblème varie en fonction de leur distance au centre de l'impact et de leur profondeur.

2. Trouvez dans les documents 6 et 7 des arguments qui ont permis de localiser le centre de l'astroblème de Rochechouart au lieu-dit « La Judie ».



## Document 7 : Les différentes roches de l'astroblième de Rochechouart

D'après <http://fr.wikipedia.org/>

Les impactites de Rochechouart se divisent en deux grandes familles :

- les impactites à éléments vitreux ou suévites. Ce sont des roches de retombée.
- les impactites sans éléments vitreux. Ces roches connues sous le nom de brèches de Rochechouart sont des roches de dislocation.

Les **suévites de type Babaudus** présentent un très fort taux de fusion. Les fragments non fondus qu'elles contiennent parfois sont très petits et constitués des éléments les moins fusibles (du quartz essentiellement). Les bulles nombreuses dont la taille varie du millimètre au centimètre ont été générées par une température de plusieurs milliers de degrés. Ces roches recouvrent les brèches de Rochechouart. Elles contiennent 40 fois plus de nickel que les roches du socle dont elles sont issues. Ce nickel provient indubitablement de la météorite.



Les **suévites de type Chassenon** (suévites vertes) contiennent quelques matières vitreuses de coloration verte caractéristique. Les plus gros fragments qui sont inclus dans ces roches mesurent quelques centimètres. On les retrouve au dessus des brèches de type Rochechouart ce qui permet de conclure qu'il s'agit des dernières retombées du panache de l'impact. Elles sont riches en oxyde de nickel qui leur donne leur coloration verte.



Les **suévites de type Montoume** (suévites rouges) recouvrent directement le socle ou bien les brèches de Rochechouart. Elles sont très riches en fragments de verre. La couleur rouge intense est due à une très forte teneur en fer probablement issu de la météorite. Ces brèches contiennent parfois des masses noirâtres d'oxyde de manganèse, élément lui aussi provenant probablement de la météorite.



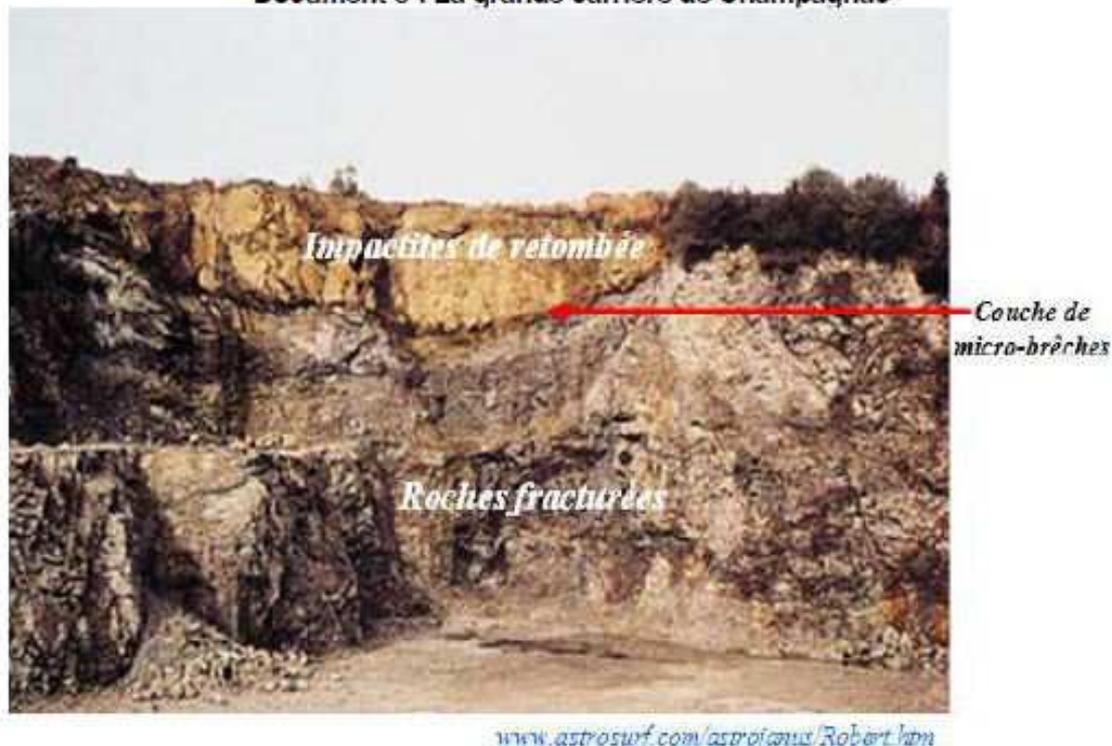
Les **brèches de Rochechouart** sont constituées de fragments de roches du socle de quelques millimètres à quelques mètres de diamètre, liés entre eux par un ciment constitué de poussières compactées par la pression, la température et le temps. Elles ne contiennent pas (ou très peu) de matière vitreuse. Le piton rocheux près du château de Rochechouart est constitué de ces brèches. Leur apparence ressemble au béton. Elles constituent la majeure partie des brèches de l'impact et de très nombreux bâtiments de la région sont construits avec ces roches.



Ce qui confère son caractère exceptionnel et unique au monde à l'astroblème de Rochechouart-Chassenon est le fait que l'on y voit le fond du cratère, les impactites qui le tapissent et, entre les lambeaux d'impactites, le socle profondément disloqué par l'impact, avec dans les filons de roches à grains fins la présence des cônes de percussion. Suite à l'érosion, le niveau actuel du sol fluctue de quelques mètres ou dizaines de mètres de part et d'autre de cette limite.

3. **Montrer comment le document 8 permet de situer le fond du cratère d'Impact et proposer un schéma interprétatif de la photographie.**

**Document 8 : La grande carrière de Champagnac**



L'observation et l'analyse récente des astéroïdes qui se trouvent dans la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter montrent que la plupart des astéroïdes de plus de 400 à 500 mètres de diamètre sont constitués d'une agglomération de blocs de tailles et de natures variées, fruits des chocs entre eux depuis plus de 4,55 milliards d'années, âge du système solaire. Une météorite de la taille de celle de Rochechouart résulterait ainsi de l'accumulation par collision d'une vingtaine d'astéroïdes de 500 mètres. Elle se serait désintégrée en traversant l'atmosphère terrestre.

4. D'après le document 9, expliquer pourquoi les scientifiques émettent actuellement l'hypothèse que la météorite de Rochechouart se serait désintégrée juste avant l'impact.

**Document 9 : Les particularités de l'astroblème de Rochechouart**

Un géologue, Philippe Lambert, remarque en 1982 que l'astroblème de Rochechouart-Chassenon a une forme atypique : le cratère est très plat, les variations d'altitude étant de l'ordre de  $\pm 50$  mètres ; il n'y a pas de pic central notable, contrairement à ce que l'on observe à Ries et Boltysh ; les couches de brèches diverses ne se recouvrent pas forcément selon l'empilement prévu par les théories ; on retrouve plusieurs zones ayant subi des efforts extrêmes, elles sont parfois éloignées les unes des autres et entourées de zones d'efforts moindres. On peut ajouter qu'à Babaudus, Chassenon, et Montoume, par exemple, les impactites contiennent des teneurs en métaux radicalement différentes. Ces indices militent en faveur de l'impact de plusieurs blocs de natures et tailles diverses tombant les uns à côté des autres, les cratères des uns recouvrant ceux des autres.

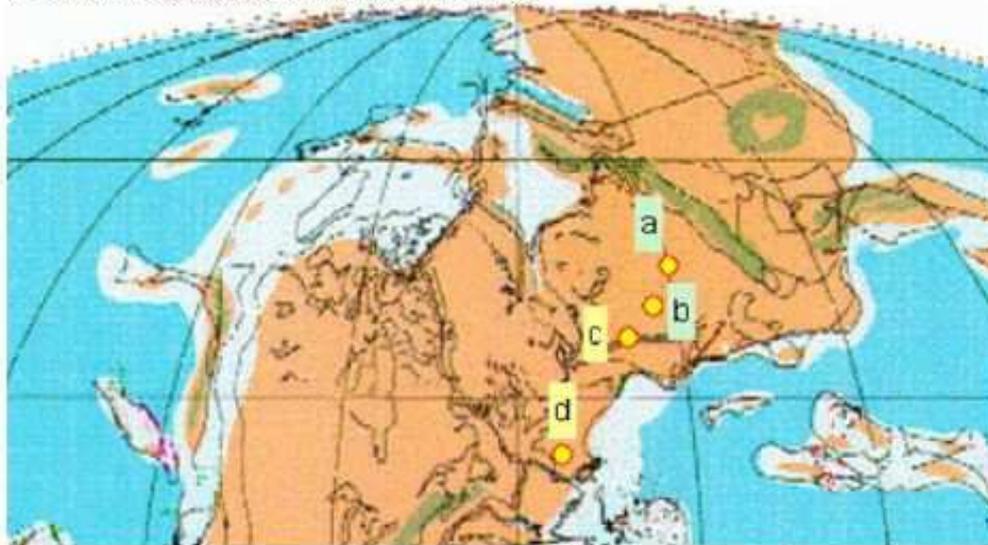
*P. Lambert, Rochechouart: A Flag Crater from a Clustered Impact, 1982, Meteoritics*

5. On pense également que la météorite de Rochechouart proviendrait de la désintégration d'une météorite de plus grande taille avant son approche de la Terre. Comment le document 10 permet-il de valider cette hypothèse ?

**Document 10 : Position et datation de quelques astroblèmes.**

Les impacts sont reportés sur une carte représentant le globe terrestre il y a environ 210 Millions d'années.

- a - Puchezh-Katunki, Tadjikistan ( $220 \pm 10$  Ma, Ø 80 km)
- b - Kursk, Russie ( $250 \pm 80$  Ma, Ø 6 km)
- c - Obolon, Ukraine ( $215 \pm 25$  Ma, Ø 15 km)
- d - Rochechouart-Chassenon, France ( $214 \pm 8$  Ma, Ø 22 km)



## Corrigé proposé par les concepteurs du sujet

**Question 1: Extraire des documents 1 à 5 des indices géologiques qui ont permis à François Kraut de privilégier l'origine météoritique des roches de la région de Rochechouart-Chassenon ?**

- documents 1 et 3 : Analogie entre les roches de la région de Rochechouart et les suévites du Ries qui résultent d'un impact connu de météorite.
- documents 1 et 5: Mise en relation de la présence dans les roches de la région de Rochechouart de quartz choqués dont la formation s'explique par les effets mécaniques d'un impact à très grande vitesse.
- documents 2 et 4: Mise en relation des cônes de percussion découverts par François Kraut et des cônes de percussion que l'on retrouve également dans les cratères d'impact tel celui de Sudbury au Canada.

**Question 2 : Trouvez dans les documents 6 et 7 des arguments qui ont permis de localiser le centre de l'astrolème de Rochechouart au lieu-dit « La Judie ».**

- Forme circulaire de l'anomalie de Bouguer centrée sur le lieu-dit La Judie
- Cette anomalie correspond à une augmentation de la fracturation des roches et à une diminution de leur densité signifiant une augmentation des contraintes subies par les roches lorsque l'on s'approche de La Judie
- Présence des suévites de type Babaudus uniquement autour de La Judie.

**Question 3 : Montrer comment le document 8 permet de situer le fond du cratère d'impact et proposer un schéma interprétatif de la photographie.**

- Discontinuité de couleur et/ou de qualité de roches de part et d'autre de la couche de micro - brèches.
- Présence d'impactites de retombée au dessus et de roches fracturées en dessous

**Question 4: D'après le document 9, expliquer pourquoi les scientifiques émettent actuellement l'hypothèse que la météorite de Rochechouart se serait désintégrée juste avant l'impact.**

- cratère très plat sans pic central notable
- couches de brèches diverses ne se recouvrent pas forcément selon l'empilement prévu par les théories
- présence de plusieurs zones ayant subi des efforts extrêmes, zones parfois éloignées les unes des autres et entourées de zones d'efforts moindres
- teneurs en métaux radicalement différentes des différentes suévites (Babaudus, Chassenon, et Montoume).

**Question 5 : On pense également que la météorite de Rochechouart proviendrait de la désintégration d'une météorite de plus grande taille avant son approche de la Terre. Comment le document 10 permet-il de valider cette hypothèse ?**

- Mise en parallèle des datations des 4 cratères présentés indiquant qu'il existe un intervalle de datation commun (de - 210 à - 222 Ma) / déduction: possibilité de simultanéité dans le temps de ces différents impacts, donc d'une arrivée presque simultanée de 4 météorites.
- Prise en compte de l'alignement selon une direction nord-est / sud-ouest des 4 cratères présentés / suggestion que cet alignement pourrait être du à une arrivée en salve de corps célestes suivant une même trajectoire.