

Proposition de sujet de thèse 2022

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé *: Evolution morphologique et géophysique d'un cratère d'impact

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *:

QUESNEL, Yoann, quesnel@cerege.fr ; GODARD, Vincent, godard@cerege.fr

Laboratoire *: CEREGE (UMR7330)

Tableau récapitulatif du sujet

| | |
|--|---|
| Candidat(e) ⁽¹⁾ | |
| Nom - Prénom : | |
| Date de naissance : | |
| Licence (origine, années, mention) : | |
| Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y) | |
| Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y) | |
| Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y) | |
| Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y) | |
| MASTER (nom, université) | |
| Sujet de doctorat proposé* | |
| Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)* | QUESNEL (HDR) / GODARD (HDR) |
| Laboratoire* | CEREGE |
| Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1) | - INSU PNP 2022 (obtenu) - CNES TOSCA (soumis) - ANR IMPACTER envisagé - APIC envisagé - Institut ORIGINES envisagé |

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : Evolution morphologique et géophysique d'un cratère d'impact

Descriptif *: Les cratères d'impact d'objets extraterrestres sur notre planète aboutissent généralement à une cavité avec des bords et parfois un relief central légèrement surélevés. Cette morphologie finale va dépendre de la taille, de la vitesse et de l'angle d'arrivée du bolide impacteur, mais aussi de la lithologie ciblée (et de la présence éventuelle d'une couche d'eau en surface). Les signaux géophysiques associés à un tel bouleversement sont bien connus, que ce soit sur le champ de gravité local ou sur l'aimantation des roches encaissantes ou des dépôts (plus ou moins fondus) pendant l'impact dans le cratère et à l'extérieur. Néanmoins, la plupart des cratères d'impact terrestres ont été érodés, et/ou ont été enfouis sous des sédiments, et/ou ont subi des modifications tectoniques et/ou métamorphiques (par altération hydrothermale BP-BT, par exemple). Ces **phénomènes post-impact**, et notamment ceux affectant la morphologie du cratère, vont s'étaler au cours des temps géologiques, s'accéléralant et/ou ralentissant suivant, par exemple, le climat subi, et/ou une possible

immersion, et/ou suivant la tectonique. Aujourd'hui par exemple, si la cavité n'est plus observée, on parle de 'structures d'impact' plutôt que de cratères. Ces structures ne se manifestent parfois plus que par leur **signature géophysique anormale** (par rapport aux signaux régionaux), permettant d'émettre l'hypothèse qu'à cet endroit un impact a eu lieu dans le passé... Or, cette signature géophysique actuelle a aussi été affectée par ces phénomènes post-impact. L'idée de cette thèse est de **modéliser l'effet de certains de ces phénomènes sur la signature géophysique des structures d'impact**. Un premier volet concernera la **modélisation de l'érosion** sur la morphologie d'un cratère d'impact, en fonction des climats l'affectant et/ou de la lithologie cible. Pour cela, l'étudiant devra développer un code d'évolution morphologique d'un relief existant, en 2D puis en 3D. Un code 2D écrit en langage R est déjà disponible, mais il faudra l'améliorer pour gérer les différentes contraintes que nous souhaitons apporter. Une modélisation de l'évolution 3D long-terme de la topographie est envisagée (Landlab). Un second volet – utilisant les scénarios d'évolution obtenus avec le premier - concernera le **calcul de la signature géophysique** d'un cratère ou d'une structure d'impact à plusieurs moments de l'évolution morphologique, suite à l'enlèvement de roches (érosion) et/ou à l'accumulation de sédiments (enfouissement plus ou moins complet). Ceci sera possible en utilisant un logiciel dédié à la modélisation directe de structures géologiques, en 2D avec une extension 3D (ou pseudo-3D) possible, ou encore en utilisant des algorithmes pré-écrits permettant de générer des anomalies magnétiques et/ou gravimétriques en fonction de sources de différentes géométries. Enfin, le dernier volet concernera la **comparaison entre ces modèles et des cas concrets de structures d'impact terrestres**. Pour cela, il sera peut-être nécessaire d'acquérir de nouvelles données géophysiques et de morphologie sur ces structures (travail de terrain), de les traiter, les analyser et les modéliser. Cette dernière étape nécessite souvent l'ajout de contraintes provenant de mesures pétrophysiques et pétrologiques sur des échantillons récoltés sur le terrain ou provenant de forages. Plusieurs structures d'impact sont envisagées, la plus accessible étant Rochechouart (près de Limoges, France), structure très érodée mais assez significative des structures résultant d'un impact sur cible cristalline, et pour laquelle de nouveaux échantillons frais (non-altérés) sont disponibles.

Les candidats recherchés doivent donc posséder des **bonnes compétences en informatique** (langages R, Python, Fortran, et/ou Matlab) **et en géosciences** (géomorphologie, géophysique, pétrologie).

Détail du Programme finançant la recherche* : financements INSU-PNP obtenu pour 2022, projet GEOIMPACT soumis au comité TOSCA du CNES, projet IMPACTER à resoumettre à l'ANR, projet à soumettre à l'Institut ORIGINES

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : Quesnel Yoann

Corps : Maître de conférences

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : CEREGE, équipe T&P

Adresse mail : quesnel@cerege.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Quesnel, Y., Sailhac, P., Lofi, J., Lambert, P., Rochette, P., Uehara, M., Camerlynck, C. (2021), Multiscale Geoelectrical Properties of the Rochechouart Impact Structure, France. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(9), doi:[10.1029/2021GC010036](https://doi.org/10.1029/2021GC010036)

Quesnel, Y., Zylberman, W., Rochette, P., Uehara, M., Gattacceca, J., Osinski, G.R., Dussouillez, P., Lepaulard, C. et Champollion, C. (2020), Geophysical signature of the Tunnunik impact structure, Northwest Territories, Canada, *Meteorit. Planet. Sci.*, 55, 3, 480-495, doi:[10.1111/maps.13447](https://doi.org/10.1111/maps.13447)

El Kerni, H., Chennaoui Aoudjehane, H., Baratoux, D., Aoudjehane, M., Charrière, A., Ibouh, H., Rochette, P., **Quesnel, Y., Uehara, M., Kenkmann, T., Wulf, G., Poelchau, M., Nguyen, V.B., Aboulahris, M., Makhoukhi, S., Aumaître, G., Bourlès, D. et Keddadouche, K. (2019), Geological and geophysical studies of the Agoudal impact structure (Central High Atlas, Morocco) : New evidence for crater size and age, *Meteorit. Planet. Sci.*, 1-27, doi:[10.1111/maps.13347](https://doi.org/10.1111/maps.13347)**

Launay, N., Rochette, P., Quesnel, Y., Demory, F., Bezaeva, N.S. et Lattard, D. (2017), Thermoremanence acquisition and demagnetization for titanomagnetite under lithospheric pressures, Geophys. Res. Lett., 44, 4839-4845, doi:[10.1002/2017GL073279](https://doi.org/10.1002/2017GL073279)

Zylberman, W., Quesnel, Y., Rochette, P., Osinski, G., Marion, C. et Gattacceca, J. (2017), Hydrothermally-enhanced magnetization at the center of the Haughton impact structure, Nunavut, Canada, Meteorit. Planet. Sci., 52, 10, 2147-2165, doi:[10.1111/maps.12917](https://doi.org/10.1111/maps.12917)

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : Launay Nicolas

Intitulé : Propriétés d'aimantation des sources géologiques des anomalies du champ magnétique terrestre : magnétisme des roches et modélisation numérique

Type d'allocation : MESRI - ED 251

Date de début de l'allocation de doctorat : Oct. 2014

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 12/07/2018

Programme finançant la recherche : INSU PNP

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Post-Doc Univ Kazan (Russie)

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 70 %

Nom : Zylberman William

Intitulé : Etude Géophysique de Structures d'Impact Météoritique

Type d'allocation : A*MIDEX - co-tutelle

Date de début de l'allocation de doctorat : Oct. 2014

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 27/11/2017

Programme finançant la recherche : A*MIDEX - CNRS PICS

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : CDI Entreprise allemande cartographie géologique (Beak.de)

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 100 % côté français

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : Godard Vincent

Corps : MCF

Adresse mail : godard@cerege.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : CEREGE, équipe T&P

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Godard, V., Hippolyte, J.-C., Cushing, E., Espurt, N., Fleury, J., Bellier, O., & Ollivier, V. (2020). Hillslope denudation and morphologic response to a rock uplift gradient. *Earth Surface Dynamics*, 8(2), 221–243. <https://doi.org/10.5194/esurf-8-221-2020>

Godard, V., Dosseto, A., Fleury, J., Bellier, O., Siame, L., & ASTER, T. (2019). Transient landscape dynamics across the Southeastern Australian Escarpment. *Earth and Planetary Science Letters*, 506, 397–406. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.11.017>

Ansberque, C., Godard, V., Olivetti, V., Bellier, O., de Sigoyer, J., Bernet, M., Stübner, K., Tan, X., Xu, X., & Ehlers, T. A. (2018). Differential Exhumation Across the Longriba Fault System: Implications for the Eastern Tibetan Plateau. *Tectonics*, 37(2), 663–679. <https://doi.org/10.1002/2017TC004816>

Thomas, F., Godard, V., Bellier, O., Benedetti, L., Ollivier, V., Rizza, M., Guillou, V., Hollender, F., Aumaître, G., Bourlès, D. L., & Keddadouche, K. (2018). Limited influence of climatic gradients on the denudation of a Mediterranean carbonate landscape. *Geomorphology*, 316, 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.04.014>

Thomas, F., Godard, V., Bellier, O., Shabanian, E., Ollivier, V., Benedetti, L., Rizza, M., Espurt, N., Guillou, V., Hollender, F., & Molliex, S. (2017). Morphological controls on the dynamics of carbonate landscapes under a mediterranean climate. Terra Nova, 29(3), 173–182. <https://doi.org/10.1111/ter.12260>

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : Clément Desormeaux

Intitulé : Contribution des événements extrêmes à la morphogénèse long-terme

Type d'allocation : MERT

Date de début de l'allocation de doctorat : sept 2019

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : en cours

Programme finançant la recherche : ANR TopoExtreme et EQTime

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : en cours

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction :%

Nom : Claire Ansberque

Intitulé : Etude tectonique et géomorphologique du système de failles de Longriba (Est Tibet, Chine)

Type d'allocation : MERT

Date de début de l'allocation de doctorat : 1^{er} Octobre 2012

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 11 Avril 2016 (félicitations du Jury, prix de thèse AMU)

Programme finançant la recherche : ANR LONGRIBA

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Postdoc Trinity College Dublin

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%

Nom : Franck Thomas

Intitulé : Caractérisation des déformations récentes de la Provence par une approche pluri-disciplinaire - apport de la géomorphologie quantitative et de la paléosismologie

Type d'allocation : Région PACA et CEA

Date de début de l'allocation de doctorat : 1^{er} Novembre 2014

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 26 Février 2018

Programme finançant la recherche : Cashima (CEA)

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : agent affaires culturelles dans collectivité locale

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 30 %