



Signal preservation in the deepest part of the EPICA Dome C ice core and application to paleoclimate reconstruction from 600 000 to 800 000 years ago

Supervisors: Amaëlle Landais (amaelle.landais@lsce.ipsl.fr) and Mathieu Casado (mathieu.casado@lsce.ipsl.fr)

Variations of past climatic and environmental conditions can be retrieved from ice and air bubble composition of ice cores from East Antarctica over the last 800 000 years (EPICA Dome C ice core). A new ice core project should provide records covering the last 1.5 million years (Beyond EPICA ice core). In the deepest part of the ice cores lies the oldest part of the record. The analysis of the deep ice is tricky because the ice layer thinning tremendously affect the temporal resolution: the last 200m of the EPICA Dome C ice core (only 6% of the length of the core) includes 200 000 years of climate record (25% of the age span covered by the core). Moreover, under the influence of (1) elevated temperature, nearly reaching the melting point, and (2) because of the age of the deep ice, diffusion phenomena, extreme growth of the ice crystals, and migration of chemical species within the ice itself can affect the recorded climatic signal.

In the ice itself, preliminary studies showed that the diffusion length can reach several dozens of cm at the bottom of the EPICA Dome C ice core, limiting the interpretation of the water isotope signal. In the gas trapped in the air bubbles (such as O₂, N₂, CH₄ et CO₂), diffusive exchange can affect the precision of ice core dating, as well as the reconstruction of past greenhouse gases concentration. These diffusive effects are still only poorly constrained despite studies of multiple environmental tracers in multiple deep ice cores. One of the main causes is that the resolution at which these cores have been analysed was not high enough to compensate the high levels of thinning the ice underwent. To retrieve a high-quality climatic signal, it is necessary to compensate for both the thinning by increasing the resolution, and for the diffusion by increasing the precision.

In this Phd thesis, various climatic and environmental tracers will be retrieved from the deepest 200m of the EPICA Dome C ice core which covers the period from 600 000 to 800 000 years before today. Specifically, we will study the elementary and isotopic composition of O₂ in the air trapped in the ice as a dating approach, as well as the water isotopic composition in order to reconstruct the high frequency temperature variations. In collaboration with the Institute of Geosciences and Environment (Grenoble, France), we will study how the diffusion and thinning processes affect the greenhouse gases (CH₄ and CO₂) concentration. This PhD project include an analytical part of ice core analysis, as well as interpretation of the results using simple models of the diffusion processes on the ice core signal. The results obtained on the EPICA Dome C ice core will then be generalised to the Beyond EPICA ice core currently being drilled.

This project targets a student interested by paleoclimate studies with strong basis in Physics and/or Geosciences. Strong teamwork skills will be required with collaborations outside of LSCE in France or abroad. A proficient English level is needed (French optional).

This project is funded by the ANR project ToBE, with strong links with the european project Beyond EPICA.



Préservation du signal dans la partie profonde de la carotte de glace EPICA Dome C et application à la reconstruction du climat sur la période entre 600 000 et 800 000 ans avant nos jours.

Direction de thèse : Amaëlle Landais (amaelle.landais@lsce.ipsl.fr) et Mathieu Casado (mathieu.casado@lsce.ipsl.fr)

Les carottes de glace de l'Antarctique de l'Est permettent de reconstruire les variations climatiques et de l'environnement sur les derniers 800 000 ans sur la carotte EPICA Dome C (et bientôt 1,5 million d'années sur la carotte Beyond EPICA) grâce aux analyses effectuées dans la glace et dans les bulles d'air piégées. Le signal climatique des périodes les plus anciennes est enregistré dans la partie profonde des carottes de glace, proche du socle rocheux. L'analyse de cette glace profonde est délicate. D'abord, l'amincissement des couches de glace est important ce qui affecte la résolution temporelle : les 200 m les plus profonds (6%) sur la carotte EPICA Dome C contiennent 200 000 ans d'histoire du climat enregistrée (25% de la carotte). De plus, en raison (1) de la température élevée proche du point de fusion de la glace aux grandes profondeurs et (2) de l'âge de la glace profonde, des phénomènes de diffusion, de croissance extrême des grains et de migration des espèces chimiques au sein de la glace se produisent ce qui peut affecter la préservation des données climatiques et environnementales.

Des premières études ont montré que la longueur de diffusion isotopique pouvait atteindre plusieurs dizaines de cm dans la glace au fond de la carotte de glace EPICA Dome C ce qui limite la documentation du signal climatique à partir des isotopes de l'eau. En ce qui concerne les enregistrements de gaz dans les bulles d'air, l'échange diffusif des gaz piégés (O_2 , N_2 , CH_4 et CO_2) peut limiter les informations nécessaires à la datation de la glace et à la reconstruction du signal de variabilité des gaz à effet de serre. Malgré des mesures de plusieurs traceurs dans plusieurs carottes de glace profondes, il existe encore de grandes incertitudes dans les effets diffusifs sur les signaux climatiques et environnementaux enregistrés. Ceci est principalement dû au fait que les carottes de glace profondes n'ont pas été analysées avec une résolution suffisamment élevée pour une glace aussi fortement compressée. La difficulté actuelle de récupérer un signal climatique de qualité devrait être compensée en augmentant la résolution des mesures et en augmentant la précision qui permettra la reconstruction des signaux.

Ce projet de thèse propose d'étudier différents traceurs climatiques et environnementaux dans les 200 m les plus profonds de la carotte EPICA Dome C qui couvrent la période entre 600 000 et 800 000 ans avant aujourd'hui. En particulier, nous étudierons la composition élémentaire et isotopique du dioxygène de l'air piégé dans la glace pour un objectif de datation ainsi que la composition isotopique de l'eau pour reconstruire avec la meilleure résolution temporelle possible les variations de température sur cette période de temps. En collaboration avec l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble, nous étudierons aussi comment les processus de diffusion et d'amincissement affectent les enregistrements de concentration en gaz à effet de serre (CH_4 et CO_2). Ce projet de thèse comporte donc une partie analytique d'acquisition de données ainsi qu'une partie d'interprétation des données mettant en œuvre des modèles simples pour étudier les effets de diffusion sur le signal climatique. Après avoir étudié ces effets sur la carotte EPICA Dome C grâce aux séries de données obtenues, il sera possible de prolonger cette étude sur la carotte en cours de forage Beyond EPICA.

Ce projet s'adresse à un(e) étudiant(e) motivé(e) par l'étude du climat et du paléoclimat avec des bases solides en physique et/ou géosciences. Il nécessite de bonnes capacités pour travailler en équipe et



collaborer avec des équipes extérieures au LSCE, en France ou à l'étranger. Une maîtrise de l'anglais est nécessaire.

Ce projet est financé par le projet ANR ToBE et en forte interaction avec le projet européen Beyond EPICA.