

Tectonique transpressive en terre Adélie au Paléoproterozoïque (Est Antarctique)

Anne Pelletier^{a,*}, Denis Gapais^b, René-Pierre Ménot^a, Jean-Jacques Peucat^b

^a Département de géologie, département de géologie-pétrologie, UMR CNRS 6524, université Jean-Monnet, 42023 Saint-Étienne cedex 2, France

^b Géosciences Rennes, UMR CNRS 6118, 35042 Rennes cedex, France

Reçu le 19 novembre 2001 ; accepté le 19 mars 2002

Présenté par Jean Aubouin

Abstract – Palaeoproterozoic transpression in Terre Adélie (East Antarctica). The Palaeoproterozoic units of Terre Adélie show two types of structural domains associated with HT–LP metamorphic conditions: domes and NS–N340° striking vertical shear zones. Shear zones reflect dextral transpressive motions. Domes reflect sub-vertical shortening and principal stretching subparallel to shear zones. They could partly result from longitudinal flow coeval with transpression. Deformations are comparable to those described along the eastern and western boundaries of the Archean Gawler Craton (South-East Australia), which underlines the continuity between these two areas before opening of the Austral Ocean. *To cite this article:* A. Pelletier et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 505–511. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

transpression / Palaeoproterozoic / shear zones / flat-lying fabrics / Terre Adélie / East Antarctica

Résumé – Le secteur paléoproterozoïque de terre Adélie montre deux types de domaines structuraux synchrones de conditions métamorphiques HT–BP : des dômes et des zones de cisaillement verticales subméridiennes. Les zones de cisaillement résultent d'un régime transpressif dextre. Les dômes, marqués par un raccourcissement sub-vertical et un étirement sub-parallèle aux zones de cisaillement, pourraient en partie résulter d'un fluage longitudinal synchrone de la transpression. Les déformations observées sont comparables à celles des bordures du craton archéen du Gawler (Australie du Sud-Est), ce qui souligne la continuité entre ces deux zones avant l'ouverture de l'océan austral. *Pour citer cet article :* A. Pelletier et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 505–511. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

transpression / Paléoproterozoïque / zones de cisaillement / structures horizontales / terre Adélie / Est Antarctique

Abridged version

1. Introduction

The Terre Adélie Craton (TAC) (140–143°E/66°4'S) consists of Archean and Palaeoproterozoic units [20, 25]. Petrological, metamorphic, and radiochronological studies have been made in this region [1–4, 12, 13, 20, 21], but tectonic studies have remained limited due to difficulties to measure structures at the vicinity of the magnetic pole.

This paper provides a map of foliation trajectories drawn from GPS measurements, and a kinematic analysis of structures.

2. Geological setting

The study area concerns the Palaeoproterozoic units cropping out at Pointe-Géologie Archipelago (PG), Cape Bienvenüe (CBv) and Cape Jules (CJ) (Fig. 1).

The three zones are made of metapelites and meta-grauwackes affected by extensive partial melting and in-

* Correspondance et tirés à part. Adresse actuelle : Bâtiment des sciences naturelles, faculté des sciences, parc Valrose, 06108 Nice cedex 2, France.

Adresse e-mail : apelleti@unice.fr (A. Pelletier).

truded by synkinematic granitic and mafic dykes [2, 18, 20], and more locally by syn-kinematic gabbroic plutons (CBv and CJ) [24]. Metapelites show $\text{Crd} \pm \text{Sil} \pm \text{Kfs} \pm \text{Pl} \pm \text{Bt} \pm \text{Ilm} \pm \text{Qtz}$ assemblages, indicating HT–LP metamorphic conditions, with a peak reaching 650–750 °C at 4–6 kbar [20, 21, 24]. Radiochronological data [25] indicate that the major tectonometamorphic event occurred around 1.69 Ga (SHRIMP U/Pb and Pb/Pb data on zircons and monazites, respectively). Ages on garnets–feldspar–whole rock (1.6 Ga, Sm–Nd) and on micas (1.5 Ga, Rb–Sr) provide some constraints on the most recent thermal history. Ages on detrital zircons (SHRIMP, U/Pb) indicate that the last deposits are younger than 1.72 Ga.

3. Structural analysis

3.1. Regional structures

At the regional scale, foliation trajectories reveal two types of domains, both being associated with migmatization: dome-shaped structures, with a flat-lying to gently dipping composite foliation [20], and vertical shear zones up to kilometre-scale in width (Fig. 2). The transition between the two domains can be sharp or progressive. Where observed, the transition shows that vertical shear zones widened at the expense of domes.

3.2. Finite strains and kinematic indicators

Vertical shear zones show a NNW–NS-striking foliation. In the western part of the area (PG), no stretching lineation is observed. Moving eastward toward the Archean Craton, shear zones become more developed and a stretching lineation, with a decreasing mean pitch, becomes increasingly marked. Within shear zones, strain indicators such as double boudinage of mafic dykes and leucosomes, and oblate shapes of basic xenoliths, indicate flattening strains. NNE-striking shear bands and shear zones with dextral strike-slip components are widespread (Fig. 3). WNW-striking sinistral conjugate sets occur locally (Fig. 3A).

Within dome-shaped domains, foliations are flat-lying to gently dipping, and bear a NNW–NS-striking stretching lineation underlined by sillimanite preferred orientation. In overall, domes are marked by L–S tectonites, but local double boudinage of leucosomes and mafic dykes indicate flattening finite strains.

4. Discussion and conclusions

In vertical shear zones, the combined evidence for flattening strains and shearing deformation attests to a bulk transpression [8, 19, 28], marked by a dextral north–south strike-slip component and east–west horizontal shortening. The increase in strain intensity and dextral strike-slip toward the east may reflect strain partitioning at the vicinity

of the Archean craton, which is expected to behave as a resistant domain with respect to the studied juvenile terrains.

Many Precambrian domains are marked by transpressive regimes under HT–LP conditions [6, 7, 10, 15–17, 26–28, 30–32]. In most examples, transpressive shear zones rework flat-lying fabrics are interpreted as due to early extension or thrust tectonics [5, 10, 14, 20, 21, 28, 30]. In Terre Adélie, the origin of the flat-lying fabrics is ambiguous. Monnier [20] proposed that the earliest structures developed during lithospheric thinning, extension and associated thermal anomaly allowing to account for migmatization of the sediments under HT–LP conditions.

On the other hand, deformation–metamorphism relationships indicate that all ductile structures, from earliest syn-foliation subhorizontal folds in domes to vertical foliations in shear zones, are coeval with migmatization [18, 20, 24]. In addition, geochronological data do not provide evidence for successive and distinct tectonic and metamorphic events [25]. Furthermore, some structural features of the domes, such as (1) the attitude of their long axes and of stretching lineations at low angle to the strike of shear zones, and (2) the local occurrence of a NS–NNW-striking crenulation, are compatible with bulk transpression.

Sub-horizontal flow at high angle to the shortening direction could account for at least part of the structure of dome-shaped domains. The HT–LP synkinematic conditions suggest a rather hot and therefore weak and buoyant lithosphere. Observed deformations could thus reflect combinations and partitioning between transpression-induced thickening, and longitudinal flow, possibly gravity-driven, at low angle to the convergence zone. This model can be compared with that of Dirks et al. [9], in which diapiric rise of hot lower crust is accompanied by its horizontal flow below the brittle–ductile transition. However, the occurrence of double boudinage associated with flat-lying foliations suggests a more complex evolution. Indeed, a simple combination of vertical and horizontal shortening within dome should result in constrictive strains. The occurrence of flattening strains could be explained by an early stage of extension, now strongly overprinted by the transpressive event.

It has been proposed that the TAC and the Gawler Craton (South Australia) were two parts of a continuous continental Archean–Palaeoproterozoic block before the opening of the Austral Ocean [11, 22]. This is confirmed by the strain pattern observed in the TAC. Indeed, the vertical shear zones show similarities with those located at the western and the eastern boundaries of the Gawler [23, 24, 30]. They have similar orientations, reflect dextral transpression, and show early flat-lying fabrics marked by a principal stretch at low angle to the boundaries of the craton.

1. Introduction

La terre Adélie (TA), secteur oriental (140°E–143°E/66°4'S) du bouclier Est Antarctique, est prin-

cipalement constituée d'une unité orientale U1, d'âge Archéen–Paléoprotérozoïque, et d'une unité occidentale U2, d'âge Paléoprotérozoïque, qui comprend l'archipel de Pointe-Géologie (PG) (140°E–66°40'S)

ainsi que les caps Bienvenue (CBv) (140°30'E–66°43'S) et Jules (CJ) (140°54'E–66°44'S) [20, 24] (Fig. 1).

L'étude présentée ici porte sur l'unité U2, définie à PG [1–4, 12, 13, 19, 20], dont la structure restait mal connue, du fait des difficultés de mesure à proximité du pôle magnétique. Les missions effectuées pendant les étés austraux 1997/1998 et 1998/1999 (programme Geoleta, IFRTP) et l'utilisation du positionnement GPS ont permis de réaliser une étude structurale de l'ensemble de ce domaine.

Cette étude permet de tracer les premières cartes de trajectoires de foliation et, couplée aux données thermobarométriques, de contraindre l'histoire paléoprotérozoïque de terre Adélie. L'analyse structurale fournit, en outre, de nouveaux points de corrélation entre Craton du Gawler, dans le Sud de l'Australie, et Terre Adélie au sein du protocontinent Rodinia. Par ailleurs, les structures, et leur succession sur une courte période autour de 1,7 Ga [25], fournissent des éléments de discussion sur les mécanismes de déformation crustale lors de la période charnière entre tectonique primitive et tectonique moderne.

2. Contexte géologique

2.1. Lithologies

L'archipel PG a été décrit pour la première fois par Bellair [2] comme un complexe gneissique et migmatitique recoupé par des filons de granite rose. La séquence métasédimentaire comprend un faciès métapélitique à cordiérite, sillimanite, et localement grenat, et des niveaux de métagrauwakes, quartzites et calc-silicates [20]. CBv et CJ présentent des faciès comparables, avec une dominante plus grauwakeuse (gneiss à plagioclase, quartz, biotite, grenat et, plus rarement, à sillimanite et cordiérite). Sur l'ensemble des secteurs, des filons mafiques se sont mis en place pendant la déformation et l'anatexie [18, 20]. Sur CBv et CJ, les migmatites sont intrudées par des plutons gabbroïques, dont la fabrique planaire parallèle à la foliation régionale souligne le caractère syn-cinématique [24].

2.2. Métamorphisme

Le pic de métamorphisme est associé à une fusion partielle, caractérisée par des assemblages minéralogiques à cordiérite \pm sill \pm grt \pm kfs \pm pl \pm q \pm bi \pm ilm, dont les conditions de stabilité sont celles du faciès amphibolite HT–BP. Sur PG, les températures ont été estimées à 700–750 °C pour des pressions de 4 à 6 kbar [20]. Des pressions et des températures du même ordre, 700–750 °C à $5,6 \pm 1$ kbar et 650–750 °C à $6 \pm 0,5$ kbar, ont été déterminées respectivement sur les gneiss de CBv et de CJ [24].

2.3. Géochronologie

L'évolution métamorphique et tectonique est contrainte par quatre repères chronologiques [25]. Les métapélites contiennent des zircons hérités à 1,72 Ga (U–Pb, SHRIMP), fixant l'âge maximum du dépôt. Elles contiennent également des néocristaux et des surcroissances de zircon, ainsi que des monazites, dont l'âge à 1,69 Ga (U–Pb, SHRIMP et TIMS) est attribué au pic de métamorphisme. Des âges similaires ont été obtenus à CBv et CJ. En particulier, l'intrusion gabbroïque syntectonique de CBv a été datée par U–Pb sur zircon (SHRIMP) à 1697 ± 8 Ma (Peucat et al., données non publiées). L'évolution rétrograde est balisée par un âge Nd sur grenat, feldspath et roche totale à 1,6–1,63 Ga marquant le refroidissement à 600–650 °C. Enfin, des âges sur biotite et muscovite (Rb–Sr) à 1,5 Ga pourraient traduire la fin d'un long épisode thermique ou bien un réchauffement en contexte statique.

3. Analyse structurale

3.1. Structure régionale

Sur PG, la foliation régionale a été définie comme étant composite, marquée par plusieurs générations de plis isoclinaux [20]. À l'échelle régionale, les trajectoires de cette foliation définissent deux types de domaines structuraux, des dômes et des zones de cisaillement verticales (Fig. 2A). Sur PG, ces deux types de domaines coexistent (Fig. 2B). Dans la partie centrale, de l'Ouest de l'île des Pétrils à l'île du Gouverneur, la foliation est verticalisée dans une zone de cisaillement de 5 km de large environ. De part et d'autre de cette zone, la foliation devient peu pentée à horizontale et définit des structures en dômes kilométriques. À l'est de l'archipel, deux dômes ont été mis en évidence : un, au sud-est, dont la partie sommitale horizontale est centrée sur le Nunatak-du-Bon-Docteur ; l'autre, au nord-est, moins bien défini et dont les limites sont soulignées par la courbure de la foliation, est–ouest sur le rocher du Débarquement, puis nord–sud sur l'île Pasteur. Dans la partie occidentale de l'archipel, les structures sont moins nettes, du fait de l'émiettement des affleurements et d'une plus forte anatexie. Toutefois, les variations de la position de la foliation, sub-horizontale au cap Prudhomme, verticale et méridienne à Fram et de nouveau faiblement pentée à Ifo, suggèrent l'existence de dômes, d'échelle comparable à ceux de l'Est de l'archipel.

La transition entre zones de cisaillement et dômes peut être brutale ou progressive. Dans le premier cas, elle est marquée par l'apparition de plans de foliation verticaux, N340° à nord–sud, sécants sur la foliation horizontale des dômes, et dont la fréquence augmente avec la proximité de la zone de cisaillement. Lors-

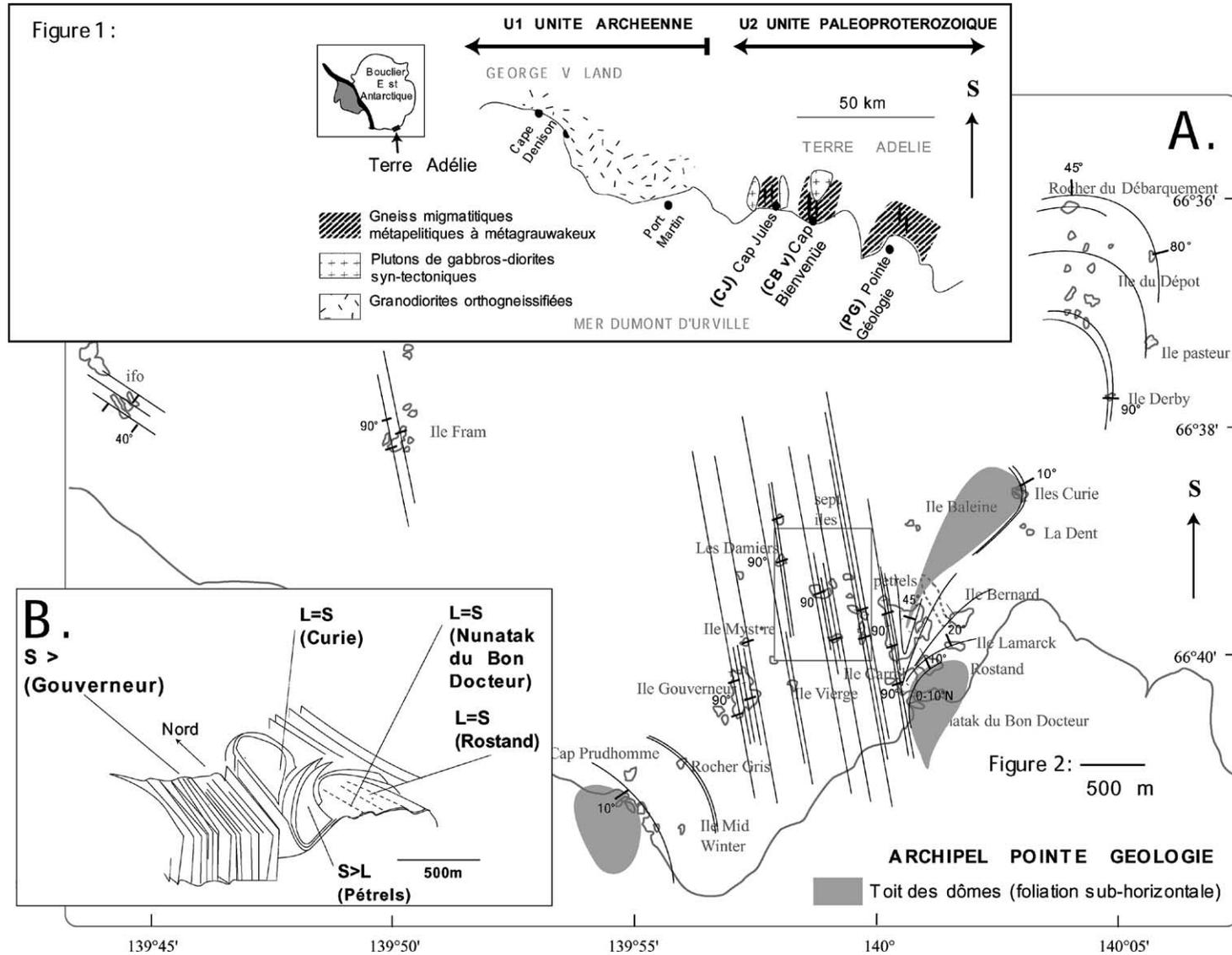


Figure 1. Carte lithologique simplifiée du secteur d'étude en terre Adélie-George V Land.

Figure 1. Simplified lithological map of the study area in Terre Adélie-George V Land.

Figure 2. A. Carte de trajectoires des foliations régionales sur l'archipel Pointe-Géologie. **B.** Schéma 3D du secteur est de l'archipel et principales fabriques associées.

Figure 2. A. Map of regional foliation trajectories on the Pointe-Géologie Archipelago. **B.** 3D sketch of the eastern part of the Archipelago and associated fabrics.

qu'elle est plus progressive, la transition se marque par des plis à axes horizontaux, qui redressent la foliation. Dans les deux cas, les structures verticales se développent aux dépens des structures horizontales et la zone de transition n'excède pas 500 m.

3.2. Déformation finie et critères cinématiques

Dans les zones de cisaillement, la foliation sub-verticale est orientée N340°–nord–sud sur l'ensemble des secteurs. Aucune linéation macroscopique, minérale ou d'étirement, ne lui est associée sur PG. En revanche, une linéation à amphibole apparaît sur CBv. Elle est encore mieux développée à CJ, où elle est aussi matérialisée dans les gneiss par l'orientation préférentielle des feldspaths. Ce gradient d'expression de la linéation en direction de l'est s'accompagne d'une diminution de son plongement moyen, de 40 à 60°S (CBv) à 20 à 55°S (CJ).

Dans la zone de cisaillement de PG, le caractère fortement aplati de l'ellipsoïde de déformation finie est souligné par l'absence de linéation minérale, mais également par (1) des enclaves mélanocrates en galettes, indiquant localement un ellipsoïde quasiment de révolution autour de λ_3 (K proche de 0), et (2) le double boudinage, dans le plan vertical, des filons mafiques et anatectiques. Sur CBv et CJ, les zones de cisaillement montrent une fabrique plano-linéaire. Cependant, le caractère partout très marqué de la foliation suggère que toutes ces zones sont dans le domaine de l'aplatissement.

Des bandes de cisaillement ductiles centimétriques à métriques, orientées N30° et sub-verticales indiquent une composante décrochante dextre sur les îles Bélier, Capricorne, ainsi que sur le secteur Ouest Pétréls et sur CJ (Fig. 3). Des cisaillements conjugués, N120° sénestres, sont localement présents (Fig. 3A). Sur CJ, les structures cisailantes s'expriment jusqu'à une échelle hectométrique. À grande échelle, les cisaillements N30–40° déforment la foliation, ainsi que les filons anatectiques syn-foliaux (Fig. 3A). À l'échelle de l'affleurement, les bandes de cisaillement sont soulignées par des leucosomes à grenat (Fig. 3B). Des bandes de cisaillement sont également visibles en lames minces.

La présence locale de leucosomes de même composition minéralogique que ceux soulignant la foliation et l'absence de recristallisations rétro-morphiques dans les bandes de cisaillement, ainsi que leur compatibilité géométrique avec la foliation migmatitique, soulignent que la plupart se sont formées en conditions de haut grade métamorphique. Quelques structures suggèrent, cependant, que la déformation s'est poursuivie en contexte tardi-migmatitique. Ce sont, en particulier, (1) des filons granitiques sub-verticaux, d'orientation N50° ($\pm 5^\circ$) compatible avec un système de fentes de tension et (2) des zones de cisaillement

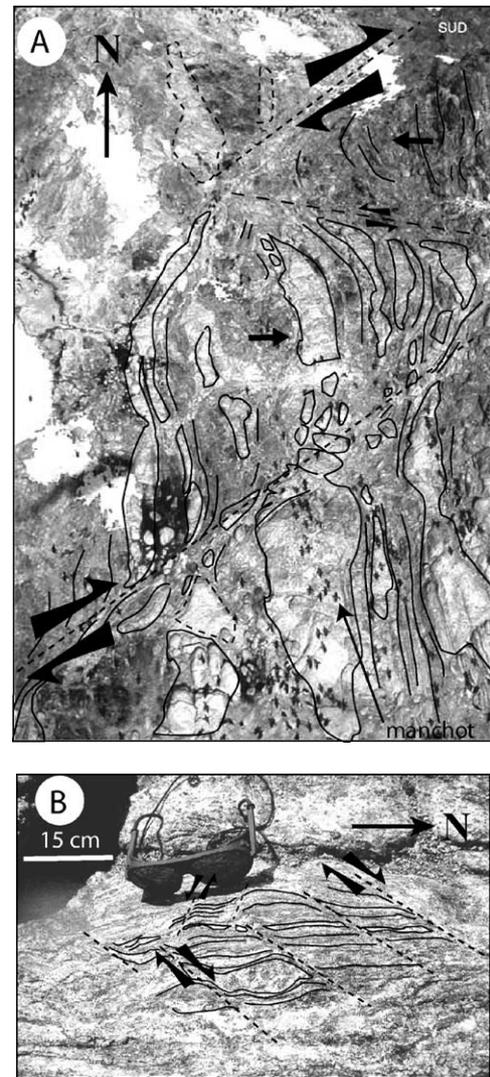


Figure 3. Zones de cisaillement de cap Jules. Structures et indicateurs cinématiques de cisaillement dextre de l'échelle kilométrique (A, un manchot = 50 cm) à centimétrique (B).

Figure 3. Cape Jules shear zone. Structures and kinematic indicators indicate dextral strike-slip components from Km-scale (A, one penguin = 50 cm) to centimetre-scale (B).

semi-fragiles ou fragiles, d'orientation N30–N50° et à composante décrochante dextre, auxquelles sont associées quelques bandes conjuguées sénestres.

Dans les dômes, la foliation résulte de déformations successives, marquées par plusieurs générations de plis isoclinaux. Elle porte une linéation d'étirement à sillimanite, de direction N330–340°, à faible angle des zones de cisaillement verticales. La linéation est plus dispersée en bordure de dôme, lorsque la foliation est plus pentée.

Au toit des dômes, le caractère bien développé de la foliation et de la linéation indique que l'on se trouve dans le champ des tectonites plano-linéaires. Il existe, cependant, quelques critères d'aplatissement, comme, par exemple, le double boudinage de leucosomes dans

le secteur est. Sur cap Prudhomme, un niveau mafique est également affecté par un double boudinage, soulignant une direction principale d'étirement orientée N340–nord–sud. Une déformation finie de type aplatissement est également suggérée par des bandes de cisaillement extensives de directions variables (nord–sud mais aussi est–ouest).

4. Discussion et conclusions

Dans les zones à foliation verticale, l'aplatissement, combiné aux critères de cisaillement, atteste une tectonique transpressive [8, 19, 29], qui associe décrochement dextre sub-méridien et raccourcissement sub-équatorial. Lorsque l'on se rapproche de l'unité U1, vers l'est, on observe un gradient de déformation marqué par une augmentation de la composante décrochante, avec (1) une plus grande fréquence des zones de cisaillement, (2) une augmentation de la déformation pénétrative et (3) une diminution du plongement de la linéation (absente à PG, 40 à 60° à CBv, et 20 à 55° à CJ). Ceci suggère un partitionnement de la déformation à l'échelle régionale, la composante décrochante augmentant à l'approche du craton archéen, sans doute plus résistant.

Si la signification des structures ductiles les plus tardives peut aisément être identifiée, il n'en est pas de même pour les déformations observées dans les secteurs à foliation horizontale.

Pour expliquer les caractéristiques lithologiques et métamorphiques du secteur de PG, Monnier [20] a proposé que les déformations précoces résultent d'un épisode d'amincissement lithosphérique induisant une forte anomalie thermique et pouvant rendre compte du métamorphisme des sédiments en conditions HT–BP (environ 1,7 Ga). Parallèlement, les relations entre déformation, recristallisations métamorphiques et anatexie indiquent que toutes les structures, des plus précoces (plis synfoliaux horizontaux) aux plus tardives (foliation verticale), sont contemporaines des processus de fusion partielle [18, 20, 24]. Ceci est, en outre, souligné par l'homogénéité minéralogique des foliations successives dans les néosomes (crd ± sill ± grt ± kfs ± pl ± bi ± qtz) [20, 24]. De plus, les données radiochronologiques (U–Pb sur zircons et monazites, TIMS et SHRIMP) ne permettent pas de distinguer différents épisodes tectonométamorphiques, mais suggèrent plutôt que les métapélites de TA n'ont subi qu'un événement anatectique aux environs de 1,69 Ga [25]. Ainsi, les domaines à foliations plates et verticales ont fourni des âges U–Pb sur zircons hérités (SHRIMP), respectivement de 1722 ± 19 Ma et de 1737 ± 27 Ma [25].

La coexistence de régimes transpressifs et de conditions thermiques HT–BP, sans évidence d'épisodes

de haute pression ni d'importantes déformations rétro-morphiques, a été décrite dans plusieurs zones de convergence anciennes, comme au Canada [5, 7], en Finlande [10, 15, 16, 27, 32], ou encore dans diverses parties de l'Australie et de l'Antarctique [6, 17, 26, 28, 30–32], et semble constituer une singularité de la dynamique lithosphérique ancienne, en particulier au niveau des domaines de croûte juvénile. Dans beaucoup d'exemples, les zones de cisaillement transpressives se superposent à des structures plus plates, synchrones de conditions HT–BP ou HT–MP, et interprétées comme des structures précoces, soit extensives [14, 20, 21, 28], soit chevauchantes [5, 10, 30].

En terre Adélie, plusieurs arguments vont à l'encontre d'une interprétation en simples termes d'extension ou de chevauchements pré-transpression. Les données radiochronologiques et métamorphiques suggèrent qu'au moins une partie des structures symmigmatiques dans les dômes est contemporaine de la transpression. Ceci est également suggéré par certains caractères structuraux des dômes : leur direction d'allongement et celle de la linéation d'étirement, à faible angle de la composante décrochante régionale, ainsi que la présence locale d'une crénulation N20°, sont compatibles avec un régime transpressif.

Ces domaines pourraient avoir subi un fluage sub-horizontale à fort angle par rapport à la direction de raccourcissement. La présence, à l'échelle régionale, de conditions métamorphiques HT–BP suggère une lithosphère chaude, donc peu résistante et sans doute particulièrement sensible aux forces gravitaires. Les déformations observées pourraient ainsi refléter une combinaison et un partitionnement entre fluage longitudinal, peut-être associé à de l'étalement gravitaire, et épaissement induit par les conditions transpressives. Un tel modèle se rapproche de celui proposé pour l'exhumation des granulites tardi-archéennes du craton de Chine du Nord [9]. Pour ces auteurs, la remontée diapirique de la croûte inférieure induit son étalement sous la transition fragile–ductile. Le double boudinage observé dans les domaines à foliation sub-horizontale suggère néanmoins une histoire tectonique plus complexe. En effet, une combinaison de raccourcissement horizontal et vertical dans les dômes devrait y induire de la constriction. Une extension précoce, dont l'essentiel des caractères structuraux serait oblitéré par la transpression, pourrait rendre compte des indices d'aplatissement observés.

Avant l'ouverture de l'océan Austral, les cratons de terre Adélie et du Gawler (Sud-Est australien) faisaient probablement partie d'un même bloc crustal continu archéen–protérozoïque, le *Mawson Block* [11, 22]. Les données présentées ici fournissent de nouveaux éléments de corrélation. Ainsi, les zones de cisaillement de TA sont très similaires à celles obser-

vées sur les bordures est et ouest du craton du Gawler [23, 30]. Ce sont des zones de transpression dextre qui suivent la même direction majeure subméridienne

[24, 30]. Enfin, elles contiennent des foliations subhorizontales précoces, associées à un étirement de direction sub-parallèle aux bordures du craton.

Remerciements. Cette étude, réalisée dans le cadre du programme Geoleta, a bénéficié du support logistique et financier de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaire (IFRTP).

Références

- [1] E. Aubert de la Rüe, P. Tchernia, Sur quelques roches de la terre Adélie, C. R. Acad. Sci. Paris, série D 232 (1951) 995–996.
- [2] P. Bellair, Pétrographie du socle cristallin de la terre Adélie, C. R. Acad. Sci. Paris, série D 252 (1961) 3296–3298.
- [3] P. Bellair, Sur les formations anciennes de l'archipel de Pointe-Géologie (terre Adélie), C. R. Acad. Sci. Paris, série D 252 (1961) 3087–3089.
- [4] P. Bellair, L. Delbos, Âge absolu de la dernière granitisation en terre Adélie, C. R. Acad. Sci. Paris, série D 254 (1962) 1465–1466.
- [5] W. Bleeker, New structural-metamorphic constraints on Early Proterozoic oblique collision along the Thompson Nickel Belt, Manitoba, Canada, Geol. Ass. Can. Spec. Pap. 37 (1990) 57–73.
- [6] G.L. Clarke, R. Powell, Proterozoic granulite facies metamorphism in the southeastern Reynolds Range, central Australia: geological context, P - T path and overprinting relationships, J. Metamorph. Geol. 9 (1991) 267–281.
- [7] R.A. Cliff, C.M. Gray, H. Huhma, A Sm-Nd isotopic study of the South Harris igneous complex, the Outer Hebrides, Contrib. Mineral. Petrol. 82 (1983) 91–98.
- [8] J.F. Dewey, R.E. Holdsworth, R.A. Strachan, Transpression and transtension zones, Geol. Soc. London Spec. Publ. 135 (1998) 1–13.
- [9] P.H.G.M. Dirks, J. Zhang, C.W. Passchier, Exhumation of high-pressure granulites and the role of lower crustal advection in the North China craton near Datong, J. Struct. Geol. 19 (1997) 1343–1358.
- [10] C. Ehlers, A. Lindroos, O. Selonen, The Late-Svecofenian granite-migmatite zone of southern Finland: a belt of transpressive deformation and granite emplacement, Precamb. Res. 64 (1993) 295–309.
- [11] C.M. Fanning, S.J. Daly, V.C. Bennett, R.-P. Ménot, J.-J. Peucat, R.L. Oliver, O. Monnier, The 'Mawson Block': once contiguous Archaean to Proterozoic crust in the East Antarctic shield and Gawler Craton, in: VIIIth International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Sienna, Italy, 1995, p. 124.
- [12] G. Heurtebize, Sur les environs de Port-Martin (terre Adélie), C. R. Acad. Sci. Paris, série D 234 (1952) 1780–1782.
- [13] G. Heurtebize, Sur les formations géologiques de la terre Adélie, C. R. Acad. Sci. Paris, série D 234 (1952) 2209–2210.
- [14] J.D. Hoek, P.G.H.M. Dirks, C.W. Passchier, A Late-Proterozoic extensional-compressional tectonic cycle in East Antarctica, in: Y. Yoshida, K.K. Shiraishi, K. Shiraishi (Eds.), Recent Progress in Antarctic Earth Science, Tokyo, Terra Scientific Publishing Co., 1992, pp. 137–143.
- [15] P. Hollta, Observations on the metamorphic reactions and P - T conditions in the Turku granulite area, Geol. Surv. Finl. Bull. 339 (1986) 43–58.
- [16] P. Hollta, General features of Early Proterozoic metamorphism in the Pielavesi area, near the Archaean craton margin, central Finland, in: J.S. Daly, R.A.C. Yardley, B.W.D. Yardley (Eds.), Evolution of Metamorphic Belts, Geol. Soc. London Spec. Publ. 43 (1989) 495–500.
- [17] S.E. Johnson, R.H. Vernon, Stepping stones and pitfalls in the determination of an anticlockwise P - T - t -deformation path: the low- P , high- T Cooma Complex, Australia, J. Metamorph. Geol. 13 (1995) 165–183.
- [18] R.P. Ménot, Recherches géologiques en terre Adélie : bilans et perspectives, Recherche et Technologies Polaires 25 (1991) 36–43.
- [19] O. Merle, D. Gapais, Strains within thrust-wrench zones, J. Struct. Geol. 7 (1997) 1011–1014.
- [20] O. Monnier, Le socle protérozoïque de terre Adélie (Antarctique est) : son évolution tectono-métamorphique et sa place dans les reconstitutions de Proto-Gondwana, thèse, université de Saint-Étienne, 1995, 321 p.
- [21] O. Monnier, R.-P. Ménot, J.-J. Peucat, M. Fanning, A. Giret, Actualisation des données géologiques sur terre Adélie (Antarctique est) : mise en évidence d'un collage tectonique au Protérozoïque, C. R. Acad. Sci. Paris, série Iia 322 (1996) 55–62.
- [22] R.L. Oliver, C.M. Fanning, Australia and Antarctica: precise correlation of Palaeoproterozoic Terrains. The Antarctic Region, in: C.A. Ricci (Ed.), Geological Evolution and Process, Terra Antarctica Publication, Sienna, 1997, pp. 163–172.
- [23] A.J. Parker, Paleoproterozoic, in: J.F. Drexel, W.V. Preiss, A.J. Parker (Eds.), The Geology of South Australia: the Precambrian, Geological Survey of South Australia, Adelaide 1 (1993) 71–81.
- [24] A. Pelletier, Étude structurale et métamorphique du socle de terre Adélie-George V Land : un exemple de la transition Archéen-Paléoproterozoïque, thèse, université de Saint-Étienne, 2001, 200 p.
- [25] J.-J. Peucat, R.-P. Ménot, O. Monnier, M.C. Fanning, The Terre Adélie basement in the East-Antarctica Shield: geological and isotopic evidence for a major 1.7 Ga thermal event comparison with the Gawler Craton in south Australia, Precamb. Res. 94 (1999) 205–224.
- [26] M. Sandiford, R. Powell, Some remarks on HT-LP metamorphism in convergent orogens, J. Metamorph. Geol. 9 (1991) 333–340.
- [27] J. Scheurs, L. Westra, The thermotectonic evolution of a Proterozoic, low pressure, granulite dome, West Uusimaa, SW Finland, Contrib. Mineral. Petrol. 93 (1986) 236–250.
- [28] K. Stüwe, R. Powell, Metamorphic evolution of the Bunger Hills, East Antarctica: evidence for substantial post-metamorphic peak compression with minimal cooling in a Proterozoic orogenic event, J. Metamorph. Geol. 7 (1989) 449–464.
- [29] B. Tikoff, C. Teyssier, Strain modelling of displacement-field partitioning in transpressional orogens, J. Struct. Geol. 16 (1994) 1575–1588.
- [30] J.J. Vassallo, C.J. Wilson, Paleoproterozoic regional-scale non-coaxial deformation: an example from eastern Eyre Peninsula, South Australia, J. Struct. Geol. 24 (2001) 1–24.
- [31] C.J.L. Wilson, R. Powell, Strain localisation and high-grade metamorphism at Broken Hill, Australia: a view from the Southern Cross area, Tectonophysics 335 (2001) 193–210.
- [32] B.J. Wood, The influence of pressure, temperature and bulk composition on the appearance of garnet in orthogneisses: an example from south Harris, Scotland, Earth Planet. Sci. Lett. 26 (1975) 299–311.