Les plissements hercyniens tardifs dans le Paléozoïque inférieur du versant nord du Canigou. 2^e partie : essai de restitution rétrotectonique et cartographique des mégastructures

Bernard Laumonier⁽¹⁾, Jacques Geyssant⁽²⁾ et Gérard Guitard⁽³⁾.

Mots-clés: Orogénie hercynienne, Tectonique superposée, Pli, Schistosité, Linéation, Microtectonique, Pyrénées Orientales (Mont Canigou)

Résumé

Dans les Pyrénées Orientales, les déformations hercyniennes précoces (phases F1 à F3) ont créé des mégastructures et une schistosité S_3 très pénétrative à l'échelle régionale. Les déformations tardives affectent cette surface de référence supposée initialement plane et horizontale.

Cinq phases tardives F4 à F8 ont été reconnues; leur étude analytique est faite dans Guitard et *al.*

Dans le présent travail, il est montré que les caractéristiques propres à chacune des phases F4 à F7 (orientations des axes de microplis, des schistosités, cinématique de la déformation) d'une part, et les conséquences de la superposition de ces phases («figures d'interférence»: dispersion des éléments structuraux, géométrie des plis) d'autre part, s'ordonnent, cartographiquement, avec une logique telle qu'il est possible de reconstituer, pour chaque phase, une mégastructure associée aux microplis visibles sur le terrain, et compatible avec l'ensemble des données géologiques:

F4: grands plis horizontaux N 110, renversés au nord, localisés dans des couloirs de direction N 70 et N 160, dus à une compression NNE-SSW;

F5: un mégapli horizontal (initialement) N 75, déversé au SSE; compression NNW-SSE et extension fortement plongeante vers le nord-ouest;

F6, phase tardive majeure, bascule vers le nord l'ensemble de la série (en déformant les plis 4 et 5) selon un mégapli droit N 110 subhorizontal lié à une compression NNE-SSW et une extension subverticale; F6 achève le découpage, amorcé par F5, de la zone axiale en dômes (Canigou-Carança) et bassins (synclinal de Villefranche);

F7 se développe sur les structures précédentes, surtout près du granite de Montlouis où la série est rebroussée selon un mégapli droit d'axe N-S, contre et dans (septa) le granite à la mise en place duquel elle est liée; F7 correspond à une compression E-W et une extension N-S subhorizontale. Les quatre phases F4 à F7 offrent quatre « cas de figure » bien différents par leurs caractères géométriques (orientations des schistosités-plan axial et des axes, relations méga- et microstructures), cartographiques, cinématiques (directions de glissement) et dynamiques (directions de compression). Loin de pouvoir les intégrer dans une déformation progressive unique, on doit au contraire y voir quatre événements (phases) tectoniques distincts, même si l'unité du type de déformation (plissements semblables proches, dans le temps, de la culmination du métamorphisme) laisse penser que la durée totale de ces déformations a pu être assez courte.

Abstract

Early hercynian folding phases (F1 to F3) developed in the Eastern French Pyrenees large structures. A S₃ schistosity is strongly imprinted in the whole area. This inferred initially plane and subhorizontal schistosity is deformed by late hercynian folding. Five late phases (F4 to F8) are identified. Their analytical study has been already published in a former paper (Guitard and *al.*). It is shown in this paper that it is possible to reconstruct for each phase F4 to F7 a megastructure connected with small structures described before. The demonstration is based mainly on the study of the spatial distribution of 1) the characteristics of each phase and 2) the results of the interference of these phases (fold geometry, dispersion of microstructural elements).

F4 develops large horizontal N 110 northward overturned folds located in N 160 and N 70 conjugate belts and consistent with a NNE-SSW compression.

1. Laboratoire de Géologie structurale, École des Mines, Nancy.

F5 developped a large initialy horizontal and N 75 fold; this fold is southward inclined and consistent with a NNW-SSE compression.

The main late phase F6 developes a large subhorizontal N 110 upright fold consistent with a NNE-SSW compression and a vertical extension; this megafold tilts northward and deformes the previous structures. F5 and specially F6 give to the Axial Zone its dome and basin shape.

F7 superimposes the previous folds, specially around the Montlouis granite where it develops a large N-S upright fold consistent with a E-W compression and a horizontal extension. F7 is probably related to the intrusion of the granite.

The four F4 to F7 late phases determine four "case histories" with markedly different geometric, cinematic, dynamic and spatial features. They cannot be explained by a single progressive deformation. On the contrary these four phases characterize four distinct tectonic events, even if the invariability of the deformation type (similar folds developed during the metamorphic culmination) shows that these late phases were very short in space of time.

^{2.} Laboratoire de Géologie structurale, Univ. P. et M. Curie, Paris.

Pétrologie métamorphique. Équipe associée CNRS UA040727. Univ. P. et M. Curie, Tour 26/OE3 Pl. Jussieu 75230 Paris cedex 05.

INTRODUCTION

Le contexte géologique. La région étudiée (50 km² environ) est située entre les localités d'Olette, Sansa et Llar (feuille de Prades, 1/50 000). Géologiquement, elle appartient à la zone axiale des Pyrénées, et est formée par la série de Canaveilles (Cambrien possible), ensemble schisteux à dominante pélitique et niveaux carbonatés constituant la base du Paléozoïque inférieur. La série est affectée par un métamorphisme hercynien épi- à mésozonal.

Les limites naturelles de la région (fig. 1) sont: au sud, le socle gneissique anté-cambrien du Canigou-Carança, sur lequel repose la série de Canaveilles; au nord et au nord-est la série de Jujols (Ordovicien *p.p.*) faisant suite à la série de Canaveilles; à l'ouest et au sud-ouest, le granite de Montlouis et son apophyse de Llar, intrusifs dans la série paléozoïque où ils développent un important métamorphisme de contact.

Tectoniquement, la région constitue le talus raccordant l'anticlinal du Canigou-Carança au «Synclinal» de Villefranche, d'où le pendage NNE moyen à fort qui, d'une manière générale, affecte la série de Canaveilles (fig. 1b).



FIG. 1a. – Localisation de la région d'Olette dans la partie orientale de la Zone Axiale des Pyrénées.

Hachures obliques: socle gneissique (1: massif du Canigou, 2: massif de la Carança). Pointillés: terrains paléozoïques. Croix: granites (3: granite de Montlouis). Blanc: terrains posthercyniens et Z.N.P.: Zone Nord-pyrénéenne, Z.S.P.: Zone Sud-Pyrénéenne. La surface ainsi pentée est composite; stratification S_0 et schistosité régionale dominante S_3 sont généralement confondues et, à l'échelle de l'affleurement au moins, on peut considérer que S_0 est parfaitement transposée par S_3 (ceci n'est plus vrai dans la série de Jujols (Laumonier et Guitard, 1978). Par la suite, cette surface S_{0-3} sera notée S_3 . C'est elle qui est déformée par les plis tardifs objets de cette étude (voir aussi Guitard *et al.*, 1984, introduction).

État des connaissances relatives aux plissements hercyniens tardifs dans la région. Nous avons déjà procédé, dans la région de Canaveilles, à une première étude (Guitard *et al.*, 1984)⁽¹⁾ consacrée à l'analyse des petites structures hercyniennes tardives: inventaire et description des microstructures, chronologie des phases, entre elles et par rapport au métamorphisme et au magmatisme. Les données analytiques de base (orientations des éléments structuraux) y sont assemblées sous forme de diagrammes stéréographiques qu'il n'a pas été possible de reproduire dans le présent travail.

On trouvera toutefois ci-après:

 un tableau (tabl. 1) résumant les conclusions de la l^{re} partie;

- une carte (fig. 2) regroupant sous une forme réduite et simplifiée les \triangle de sites ; cette carte fournit une « image microtectonique » de la région.

Objectifs du présent travail. Dans la 1^{re} partie, essentiellement analytique, il s'agissait surtout, à partir des observations de terrain et de l'analyse des \triangle de sites, de dénombrer, ordonner et caractériser les phases tardives. Certaines particularités ont pu être expliquées par le jeu successif des différentes phases dont la chronologie, déduite des observations de terrain, fut ainsi confirmée. L'accent a donc été mis essentiellement sur l'aspect temporel.

Le présent travail est une tentative d'extension des résultats obtenus localement à l'ensemble de la région. Le but est de restituer les mégastructures associées (le cas échéant) à chacune des phases. L'accent sera donc mis sur *l'aspect spatial*. Pour chaque phase, une carte structurale sera élaborée. Cependant,

1. Par la suite, cette référence sera simplement notée : voir 1re partie.



FIG. 1b. – Localisation du secteur étudié sur la retombée nord de l'anticlinal de la Carança. Coupe schématique.

F	Caractères géométriques des petits plis	Direction de glissement	Remarques
4	plis P_4 de direction « 110 » (80 à 140), à plon- gement E faible en moyenne; plans axiaux S_4 à pendage faible à moyen vers le N ou le S; déversement vers le nord.	localement au moins, λ_4 sub-horizontale et E-W.	 un mégapli (pli anticlinal d'Evol) en limi- te nord de la région; plis hectométriques probables mais effa- cés par F₆.
5	plis P_s de direction «NE-SW» (30 à 75), à plongement fort vers le NE; plans axiaux S_s assez variables à pendage NW ou SE (plans conjugués), d'où déversement vers le sud-est (en général) ou le nord-ouest	λ_5 à fort plongement NW, pour les plis déversés au sud-est $(\lambda_5 \perp A_5)$.	grands plis P_5 non observés mais introduits pour des raisons théoriques (explication de la «liaison» entre les linéations l_4 et l_6).
6	plis P_6 de direction «110» (80 à 140), à plon- gement E faible à moyen; plans axiaux S_6 de même direction, subverticaux; déversement vers le sud.	λ_6 subverticale (en général $\lambda_6 \perp A_6$).	phase tardive majeure responsable du pen- dage NNE de la série et de l'existence de mé- gaanticlinaux de socle (Canigou).
7	plis P ₇ de direction N-S (160 à 30), à plon- gement très variable (N en général); plans axiaux S ₇ de direction «N-S», à pendage fort à moyen vers l'E ou l'W; le plus souvent, déversement vers l'ouest.	λ_7 presque toujours N-S subhorizontale (λ_7 de // à $\perp A_7$).	 le rebroussement de la série à l'approche du granite de Montlouis est un mégapli P₇; F₇ est liée à la mise en place du granite.
8	peu marquée ; petits plis « 140 » à plans axiaux	S_8 redressés ; position chrono	logique incertaine.

TABL. 1. – Les phases tardives d'après Guitard et al. (1984).

Texte	Figures	
F_4 à F_7 : phases tardives 4 à 7		
S_0 : schistosité régionale précoce	S.: rond plein	
S_4 à S_7 : schistosités et plans axiaux tardifs	S ₄ : rond creux	
•	S, : triangle creux	
	S ₆ : triangle plein	
	S ₇ : carré plein	
$P_4 a P_7$: plis tardifs		
$A_4 a A_7$: axes des plis tardifs	axes et linéations :	
$l_4 a l_7$: linéations d'intersection $S_3 \Lambda S_n$ (n = 4 à 7)	même symbole avec une queue	
λ_4 à λ_7 : directions de glissement	$\lambda_4 \dot{a} \lambda_7$: étoiles	
δ : plan de dispersion d'une linéation par	•	
une phase plus récente (ex. : $\delta_{7(4)}$: plan de dispersion de l ₄ par F ₇).		
Δ : diagramme de site (voir localisation sur N, E, S, W: nord, est, sud, ouest H, V: horizontal, vertical les diagrammes sont construits sur caner la projection utilisée est celle de l'hémis,	r les cartes) vas de Schmidt, phère inférieur.	

TABL. 2 - Abréviations et symboles.

les structures anciennes étant altérées par les phases plus récentes, un point de vue rétrotectonique est bien sûr nécessaire; des rétroconstructions seront donc proposées, si possible à partir des seules conclusions et hypothèses de la 1^{re} partie. La possibilité de reconstituer des mégastructures compatibles avec les données géologiques sera, on le verra, une justification de la méthodologie parfois originale mise en œuvre dans cet essai de «rétrotectonique analytique».

Remarque : le tableau 2 indique les symboles utilisés dans le texte et sur les figures.





130

LES PLISSEMENTS HERCYNIENS TARDIFS DU CANIGOU (2^e PARTIE)

I – LA PHASE 7: SES RELATIONS AVEC LE GRANITE DE MONTLOUIS

Cette question a été abordée de façon détaillée dans la 1^{re} partie; aussi ce chapitre sera-t-il bref, d'autant plus que, la phase 7 étant la dernière phase tardive importante, son étude ne soulève pas de problèmes majeurs, et aussi que ces questions seront reprises dans des études ultérieures.

A – Construction de la carte structurale de la phase 7 (fig. 3)

F7 déforme les éléments structuraux 3 à 6; un certain nombre de marqueurs sont donc utilisables, dont les perturbations sont susceptibles de matérialiser les effets de la phase 7.

Les plans S_6 sont spécialement intéressants à cet égard car la dispersion entre N80 et N140 de la direction de ces plans (qui restent subverticaux) s'explique pour l'essentiel par le seul jeu de F7 (1^{re} partie, I–D); en carte, la trace des plans S_6 présentera donc des inflexions au passage des plans axiaux des mégaplis 7.

Les linéations l_6 , bien qu'à plongement variable, sont utilisables de la même manière, car leur direction est confondue avec celle des plans S_6 qui les portent.

Les linéations l_4 et l_6 étant liées, et leurs directions toujours voisines (1^e partie, I-G) on peut utiliser les linéations l_4 en lieu et place des linéations l_6 quand ces dernières manquent. ($\Delta_{17,18-19}$ par exemple).

Les changements de directions des *linéations* l_5 sont plus délicats à utiliser (voir discussion à ce sujet au chap. II, A-2.e).

Enfin, à proximité du granite de Montlouis surtout (les microstructures 4, 5 et 6 sont rares dans les sites 9A et 11), on peut utiliser le rebroussement de S_0 ou S_3 comme marqueur de F_7 ; ces surfaces étant fortement pentées, les plis P_7 ont un plongement notable et apparaissent nettement en carte.

B – Commentaire rapide de la carte structurale

La figure 3 illustre bien la discussion menée dans la l^{re} partie relative aux relations possibles entre la phase 7 et la mise en place du granite de Montlouis. En particulier, il ressort que la liaison spatiale entre les deux phénomènes, tectonique et magmatique, n'est peut-être pas simplement une relation de cause à effet dans laquelle le développement de l'intrusion engendrerait toutes les manifestations de F7. Le caractère régional des inflexions cartographiques attribuables à F7, connues dans la région de Jujols au nord-est (Laumonier et Guitard, 1978, pp. 182 et 202) et dans la région de Baillestavy à l'est (1^{re} partie, I–D) loin de tout granite, s'expliquerait alors difficilement, de même que la constance des caractères cinématiques du plissement 7 (droite de glissement λ_7 subhorizontale). Par ailleurs, le développement des microstructures 7 (microplis, schistosité) est moins lié à la bordure N-S du granite de Montlouis (bordure parallèle à S_7) qu'à la zone axiale du mégapli 7 qui fait passer des directions N110-130 loin du granite aux directions N50-70 près du granite (et à l'intérieur du granite pour ce qui est de l'allongement des septa). On constate une atténuation symétrique des microstructures 7 de part et d'autre d'une ligne allant d'Ayguatebia à Llar, orientée N160, et proche de la trace du plan axial du mégapli 7.

Si l'on retient l'hypothèse avancée dans la 1^{re} partie, d'une mise en place en plusieurs étapes du granite de Montlouis, on peut envisager successivement :

– avant F7 (et peut-être même, en partie, dès avant F4), mise en place de la partie externe, stratoïde, riche en septa de schistes et micaschistes cornifiés, du granite, ainsi que de l'apophyse de Llar (dont les relations avec les structures 7 semblent quelconques)⁽¹⁾;

pendant F7, mise en place de la partie centrale, homogène, pauvre en septa, du granite de Montlouis; le volume occupé par le noyau central du granite est alors créé par le plissement de l'encaissant (série paléozoïque + granite stratoïde).

Cette évolution est fortement suggérée par la carte du granite de Montlouis dans Autran *et al.*, 1970 (fig. 4, p. 683). Cependant, vers l'ouest, les choses se compliquent rapidement car le (ou les) mégapli(s) 7 interfère(nt) avec d'autres mégastructures tardives (dôme de Montlouis).

En conclusion de cette discussion volontairement très brève, il nous semble important de souligner que les résultats acquis dans l'encaissant du granite de Montlouis fournissent un cadre structural détaillé pour l'étude des problèmes posés par la mise en place de ce granite, étude qui n'a été qu'effleurée jusqu'a présent, et qui constituera une partie du sujet de thèse de l'un d'entre nous.

Selon A. Autran (comm. pers.), juste au sud-ouest de la région, près de Sauto, une structure anticlinale orientée N70 et qui pourrait être de phase 5, fait réapparaître le plancher gneissique du laccolite; ceci témoignerait de la mise en place de la base du granite de Montlouis avant P₅.



FIG. 3. - Carte structurale de la phase 7.

Fond géologique (commun aux quatre cartes structurales). 1 : toit du socle gneissique de la Carança. En blanc : Paléozoïque, avec quelques niveaux remarquables ; 2 : niveau calcaire supérieur (niveau de Tuévol) de la série de Canaveilles ; 3 : niveau de schistes carburés (métasapropélites) ; 4 : porphyroïde (volcano-sédimentaire) de Tourol ; 5 : microconglomérat d'Évol (base conventionnelle de la série de Jujols). 6 : granite de Montlouis (à l'ouest) et de Llar (au sud); contours d'après la feuille de Prades, 1/50 000, à paraître. Tectonique. 7 : trace de S₀ matérialisant les plis P₇. 8 : linéations l_4 - l_6 et trace de S₃. 9 : plans axiaux des mégaplis P₇ avec, du côté grisé, les orientations de S₃ plus petites que N90. 10 : limite nord-est de la zone où les micros-tructures 7 sont fréquentes (elles se raréfient aussi à l'extrême sud-ouest). Métamorphisme régional ; 11 : isograde + andalousite/cordiérite ; 12 : limite nord des microssiers à grandes baguettes d'andalousite. Métamorphisme de contact ; limite des schistes tachetés ; 14 : limite (approximative) des cornéennes.

II – LE MÉGAPLI 5 DE LA TÊT: MISE EN ÉVIDENCE ET CARACTÉRISATION A PARTIR DES DONNÉES MICROTECTONIQUES

L'observation de microplis antérieurs aux microplis 6 mais postérieurs aux plis 4 permet l'individualisation de la phase 5. Les microplis 5 ont une direction variant de N30 à N75, ils se rencontrent essentiellement dans la vallée de la Têt (sites 14 à 20). Sur le terrain, aucune mégastructure 5 n'est perceptible. Dans la 1^{re} partie (I–G), nous avons établi que la liaison entre les linéations l_4 et l_6 (toujours subparallèles et variant ensemble d'un site à l'autre) ne peut pas se comprendre par la simple superposition des phases 4 et 6. En revanche, cette liaison s'explique parfaitement si l'on fait l'hypothèse de l'existence de grands plis ENE-WSW de phase 5. Mais à ce stade de l'analyse, l'introduction de ces plis a pu paraître arbitraire. Nous nous proposons donc de montrer maintenant que : l'existence même d'un mégapli 5 peut se déduire d'un diagramme Δ_{14-17} et que, ce résultat peut être étendu à l'ensemble de la région, ce qui permet de reconstituer cartographiquement une mégastructure kilométrique ayant tous les caractères que l'on peut attendre d'un mégapli 5.

A – Le diagramme \triangle_{14-17} ; difficultés posées par sa construction (fig 4)

Cette construction a comme but la mise en évidence d'une grande structure 5; celle-ci ne peut apparaître qu'après annulation des effets de F6 et F7, ce qui est facile pour F7 mais l'est beaucoup moins pour F6.

D'après la fig. 3, *la phase 7* n'a que des effets mineurs dans le secteur 14-17; cependant :

- F7 disperse les éléments structuraux plus anciens dans le site 17 (1^{re} partie, I-E2), aussi les contours empruntés à Δ_{17} pour la construction de Δ_{14-17} ont-ils été corrigés de cette influence; une correction semblable a été effectuée pour Δ_{15} ;

− d'un \triangle à l'autre, on note une légère différence dans les directions de S₆, l₆ et l₄, différence imputable à F7; cet effet a été annulé sur \triangle_{14-17} (pour la procédure utilisée, voir ci-après, C-3: avec S₆ = 110 V, S₇ = 175E85). Les nuages de S₃ sont à peine modifiés.



FIG. 4. – Diagramme 14-17.

Voir tabl. 2 pour les symboles. Les nuages de S₃, S₄, A₄ et A₇ sont donnés par deux contours concentriques, un contour externe (trait interrompu) pour l'ensemble des pôles, un contour interne (trait continu) pour les pôles communs à au moins deux diagrammes; les contours du nuage de S₄ ont été redoublés. Seul le contour externe du nuage de S₆ est figuré. Pour le site 14, le contour pointillé représente le nuage de S₃ avant «correction». Dans le nuage de S₃, les arcs de grands cercles représentent les plis P₅ pour chaque site (trait ondulé fin) et pour le nuage entier (trait ondulé épais). L'arc de grand cercle noté P₅ (trait rectiligne épais) représente le mégapli P₅ de la Têt dans sa position initiale, avant F6 (l'axe correspondant est noté A₅). Comme conséquence de la faible variation d'intensité de F7 dans le secteur 14-17, on doit souligner que les nuages de S₃ de \triangle_{14} et \triangle_{16} (respectivement 135NE60 et 100N50) ne peuvent pas correspondre aux deux flancs d'un grand pli 7 (orienté 0N50) comme on pourrait être tenté de le penser, car les directions des linéations l₄-l₆ seraient nettement distinctes, ce qui n'est pas le cas.

La phase 6, quant à elle, est responsable du fort pendage de la série dans le secteur 14-17 (30 à 70° vers le nord ou le nordest); cependant, d'un site à l'autre, l'intensité de F6 n'est pas nécessairement constante; l'évaluation de cette intensité n'est pas simple.

a) Les plans S_4 peuvent être pris en considération, mais avec beaucoup de prudence, à cause d'éventuels éventails de schistosités. On peut remarquer que sur \triangle_{16} et \triangle_{17} les plans S_4 présentent un pendage S modéré, tandis que sur \triangle_{14} ils ont un pendage nord-est. D'où l'idée que le site 14 est davantage affecté, c'est-à-dire basculé vers le nord, par F6 que le site 16 où cependant S_3 présente un pendage plus fort que sur \triangle_{17} .

b) Cette notion d'une phase 6 variable en intensité conduit à essayer de faire coïncider les nuages de S_3 des quatre \triangle par le jeu de F6. Ce n'est évidemment pas possible, en particulier pour les S_3 de \triangle_{14} et \triangle_{16} . Comme il ne peut pas non plus s'agir d'un pli 7, force est d'admettre qu'antérieurement à F6 les surfaces S_3 étaient déjà notablement déformées entre les sites 14 et 16. Mais cette structure anté-F6 doit être remodelée par F6 et son axe, s'il s'agit d'un pli, ne peut pas être déduit de l'orientation actuelle de S_3 .

c) L'observation de quelques axes A5 fortement plongeants sur \triangle_{14} permet de trouver une solution à ce problème. En effet, si l'on fait l'hypothèse que les axes A, étaient, avant F6, régulièrement orientés dans tout le secteur, ils doivent leur plongement actuel à l'effet de F6. On en déduit que F6 a été plus intense dans le site 14 (A₅ plongeant de 60-70°) que dans les sites 15 et 17 (A₅ plongeant de 30-40°). On peut remarquer par ailleurs que les axes A_5 de \triangle_{14} et \triangle_{15} ainsi que la droite de glissement λ_6 associée à F6 (orientée 80NW80 voir 1^{re} partie, I-A) définissent très correctement un plan de dispersion $\delta_{6(5)}$. Dans ces conditions, il est possible de construire le nuage de S₃ de \triangle_{14} dans la position qu'il occuperait si la phase 6 avait eu, dans le site 14, la même intensité que dans le site 15. Il suffit, pour ce faire, de remarquer que S3 ainsi « corrigée » se trouve à l'intersection de deux grands cercles, l'un ayant comme pôle l'axe A, corrigé (c'est-à-dire aussi proche que possible, sur $\delta_{6(5)}$, des axes A₅ de Δ_{15}), l'autre ayant comme pôle un axe A₆. On obtient pour S3 corrigé une orientation moyenne 0E40, bien différente de l'orientation de S₃ sur \triangle_{16} .

d) *Remarque*: la construction précédente suppose le cylindrisme du plissement 6 (voir à ce sujet, le paragraphe C-4 du chap. III).

e) Malgré les corrections effectuées, il reste un angle de 20° entre les A_5 de \triangle_{17} et ceux de \triangle_{15} et \triangle_{14} corrigé. Ceci peut éventuellement s'interpréter par l'introduction d'une composante d'aplatissement, lors de la phase 7, en plus de la composante de cisaillement seule prise en compte ici. Ce point sera discuté ultérieurement.

f) En conclusion de cette discussion un peu longue mais nécessaire, on retiendra que le site 14 a été nettement plus affecté par la phase 6 que les sites 15 à 17, pour lesquels on admettra, en première approximation, que la phase 6 est d'intensité constante. Il est donc possible d'homogénéiser les effets de la phase 6 sur tout le secteur en annulant partiellement les effets de F6 dans le site 14. Il n'est pas souhaitable, ni possible, à ce stade de l'analyse, d'essayer d'annuler totalement les effets de F6.

Le diagramme 14-17 (fig. 4). Il a été construit conformément à la discussion précédente, à partir des nuages de Δ_{15} , $_{16}$ et $_{17}$ corrigés des effets de F7 et du nuage de Δ_{14} «corrigé».

B – Mise en évidence du mégapli 5 de la Têt à partir de \triangle_{14-17}

Le \triangle_{14-17} permet de faire les constatations suivantes:

- Les axes A_5 (sauf en partie ceux de \triangle_{17}) sont correctement groupés autour d'une valeur moyenne très proche de celle des axes de \triangle_{15} , soit 68NE38.

– Les axes A_6 sont dispersés dans une portion du plan S_6 moyen (les quelques axes A_6 subverticaux de Δ_{16} sont liés à la présence d'un pli 4; ils n'ont pas été reportés ici).

- les axes A₄ montrent une dispersion comparable, mais dans un plan orienté 114N72.

- les surfaces S₃ ont leurs pôles dispersés sur une moitié de grand cercle orienté 70NE34.

La dispersion de S₃ est très régulière: on peut admettre qu'elle est due à une déformation plicative. Ce pli, on l'a dit, est nécessairement anté-F6. Si l'on s'interdit l'introduction d'une phase supplémentaire, l'orientation axiale 70NE34 de ce pli indique sans ambiguïté qu'il s'agit d'un pli 5. Ainsi se trouve démontrée la réalité des mégaplis 5 introduits, pour des raisons théoriques, dans la 1^{re} partie.

La démonstration précédente ne fait à aucun moment intervenir la liaison entre les linéations l_4 et l_6 , liaison pour l'explication de laquelle l'existence de grands plis 5 avaient été envisagée dans la 1^{re} partie. Aussi la similitude entre le \triangle_{14-17} et le \triangle théorique (fig. 10) de la 1^{re} partie est-elle tout à fait remarquable.

Orientation initiale du mégapli 5. Pour la construction de \triangle_{14-17} , F6 n'a été que partiellement annulée. Il est maintenant facile de terminer cette annulation et de restituer au pli 5 son orientation initiale que l'on peut supposer horizontale. Il suffit pour cela d'utiliser le plan de dispersion $\delta_6(5)$: *il fournit un axe* A_5 orienté 74 H. La dispersion de S₃ sur le grand cercle correspondant (cf. fig. 4) dépasse 100°, entre 74SE60 et 74NW40. Le plan axial est plus difficile à apprécier : on peut proposer une orientation voisine de 74NW55, ce qui fait du mégapli 5 de la Têt un pli déjeté vers le sud-est.

Conclusion. L'analyse du \triangle_{14-17} permet la mise en évidence d'un mégapli 5 orienté (initialement) 74 H et déjeté vers le sudest. Les microplis 5, nombreux dans ce secteur, doivent être considérés comme les microstructures associées.

$C - Généralisation du \Delta_{14-17};$ détermination des paléopendages anté-F6 de S₃.

Le plongement de $l_4 - l_6$ en tant qu'indicateur du pendage de S_3 à l'issue de F5. Il a été souligné à plusieurs reprises que l'existence des mégaplis 5 a une double conséquence : la dispersion des linéations l_4 dans un plan $\delta_{5(4)}$ et la liaison entre les linéations l_4 et l_6 . La phase 6 (qui n'est jamais très intense : on

reste loin de l'isoclinalisation) ne réoriente que faiblement les linéations l_4 (les plans $\delta_{6+5(4)}$ sont très proches des plans $\delta_{5(4)}$ car les axes A_6 sont subparallèles aux linéations l_4 . Il s'ensuit que l'orientation de l_4 , donc des couples $l_4 - l_6$, ne dépend que des phases 5 et 7. Or il a été montré que F7 retentit essentiellement sur les directions de $l_4 - l_6$ (les plans $\delta_{7(4-6)}$ sont peu pentés). En conséquence, le plongement de $l_4 - l_6$ ne dépend pour l'essentiel que de la phase 5, donc de la position de S_3 sur les mégaplis 5 (car les plans S_6 et $\delta_{6+5(4)}$ sont, eux, fortement pentés).

Cette propriété est clairement illustrée par le \triangle_{14-17} : sur \triangle_{14-15} à de forts pendages (anté-F6) SE de S₃ sont associées des l₄ - l₆ nettement plongeantes vers l'est; sur \triangle_{16-17} , à des pendages NW de S₃ sont associées des l₄ - l₆ subhorizontales.

On peut donc, partout où la phase 7 n'est pas trop intense (c'est-à-dire partout sauf à proximité immédiate du granite de Montlouis) traduire les plongements actuels des couples $l_4 - l_6$ en termes de paléopendages de S₃ à l'issue de F5 de la manière suivante :

 $- l_4 - l_6$ à plongement E = paléopendages SE de S₃;

 $-l_4$ - l_6 subhorizontales = paléopendages subhorizontaux de S_3 ;

 $- l_4 - l_6$ à plongement W = paléopendages NW de S₃.

Construction d'une grille permettant de déterminer les paléopendages de S_3 . La grille de la figure 5 est construite à partir d'un pli P_5 initial ($A_5 = 74$ H) cylindrique qui disperse S_3 sur un grand cercle. La phase 6 (plissement semblable cylindrique) bascule et déforme ce pli ; les trajectoires de S_3 sont indiquées



FIG. 5. - Grille permettant de déterminer les paléopendages de S₃ à l'issue de F5, avant F6 et F7.
Voir tabl. 2 pour les symboles. Voir texte, paragraphe II-C2 pour l'explication détaillée de cette figure, qui constitue une généralisation de la fig. 4, à laquelle il convient de la comparer.

par quelques plis P₆. Plusieurs positions possibles de P₅ (P'₅ ...) et les axes correspondants (A'₅ ...) sont figurés ; on admet que le cylindrisme de P₅ est conservé (ce point sera discuté plus loin). Les linéations l₆ sont figurées dans S₆ et les linéations l₄ dans une aire qui est l'ensemble des plans $\delta_{5+6(4)}$. Chaque S₃ basculée étant susceptible d'être réorientée par F7, quelques plis P₇ et leurs axes A₇ sont indiqués ; de même, on a figuré des plans de dispersion $\delta_{7(4-6)}$ avec $\lambda_7 = 05$ H.

N'importe quel \triangle de site peut être lu de la manière suivante :

- si les linéations $l_4 - l_6$ ne coïncident pas avec celles de la grille, on annule la phase 7 responsable de cet écart en déplaçant les linéations sur le plan δ_7 approprié jusqu'à superposition avec celles de la grille; S_3 est déplacé sur le cercle P_7 ad hoc; la nouvelle position de S_3 est trouvée en remarquant qu'elle doit être à 90° des linéations $l_4 - l_6$ corrigées;

- si maintenant S_3 n'est pas sur le pli P_5 initial, mais sur un P_5 basculé, on annule la phase 6 en rabattant S_3 grâce au pli P_6 approprié;

- il ne reste plus alors qu'à lire le pendage de S₃ sur P₅.

Pour illustrer cette procédure, nous proposons sur la figure 6 trois exemples d'utilisation de la grille. On se donne trois valeurs actuelles de S₃ (A = 140NE68; B = 151NE65; C = 52NW28) et les linéations l₄ - l₆ portées par ces plans (respectivement: $l_A = 137SE05$, $l_B = 108E55$, $l_C = 48NE05$). Après annulation de F7, ces linéations deviennent $l_{A'}$, $l_{B'}$, et $l_{C'}$, tandis que les plans S₃ deviennent A', B' et C'. Puis ces surfaces sont rabattues sur P₅ et deviennent A'', B'' et C'', dont les pendages sont respectivement 08SE, 65SE et 12SE. On peut remarquer que des S₃ aujourd'hui proches (A et B) et portant des linéations différentes fournissent sur P₅ des S₃ nettement



FIG. 6. – Exemples d'utilisation de la grille de la fig. 5. Les linéations l₄-l₆ sont figurées par un rond plein muni d'une queue. Voir le texte, paragraphe II-C3, pour l'explication détaillée.

distinctes, tandis que des S_3 actuellement distinctes (A et C) étaient initialement proches sur P_5 . Ceci est dû à la superposition des phases 6 et 7. Ces trois exemples n'épuisent naturellement pas tous les cas de figure possibles.

Application de la grille aux diagrammes 1 à 20. Dans l'hypothèse où toute la région et pas seulement le secteur 14-17, a été structurée par la phase 5 qui y a développé un ou plusieurs mégaplis 5 orientés initialement N70-80 environ, on peut, site par site, déterminer les paléopendages de S_3 . Les résultats sont reportés dans le tableau 3.

Site (secteur)	paléopendage	site (secteur)	paléopendage
1	0-20 SE	12	25-45 SE
2	10-20 SE	13	30-50 SE
3 - 4	10 NW-20 SE	14	40-60 SE
5	10 NW-20 SE	14 A	50-60 SE
6 - 7	10-25 SE	15	20-40 SE
8	0-20 SE	16	30 NW-0
9	0-20 SE	17	30 NW-10 SE
10	0-10 SE	18-19	0-30 SE
11	10 NW-10 SE (?)	20	0-10 SE (?)

TABL. 3	Paléopendage d	$e S_1 a l'issue de F_i$.
---------	----------------	----------------------------

On peut remarquer que les pendages extrêmes (SE forts, NW) sont restreints aux sites de la vallée de la Têt, notamment dans le secteur 14-17. Ailleurs, ces pendages sont faibles, indice d'un plissement 5 peu marqué.

D – Analyse de la carte structurale de la phase 5 (fig. 7)

Les paléopendages anté-F6 de S₃ déterminés ci-dessus représentant les différentes orientations de S₃ sur les mégaplis 5, les changements brusques de ces pendages signalent les changements de flancs. On peut donc espérer, en reportant sur une carte les paléopendages, obtenir la trace des plans axiaux des plis 5. On obtient ainsi une carte structurale de la phase 5.

Toutefois, une difficulté tient à ce que ces paléopendages représentent des états de S_3 avant F6, tandis que leur localisation actuelle (les sites de mesures) n'est acquise qu'après le jeu des phases 6 et 7. Nous devrons donc :

 – d'abord, *analyser* la répartition actuelle des paléopendages, c'est-à-dire décrire les structures 5 après déformation par F6 et F7;

- ensuite, plus schématiquement, restituer ces structures dans leur état inital.

Extension régionale du mégapli 5 de la Têt. Il apparaît, à l'échelle de la carte, une logique dans la distribution des pendages de S_3 , dont les zones d'égale valeur ont une orientation WSW-ENE, orientation typique de la phase 5. On peut identifier sans peine, du NW vers le SE, un basculement progressif de S_3 vers le SE, c'est-à-dire un anticlinal plutôt ouvert et déjeté vers le SE, suivi, dans la vallée de la Têt, d'un passage rapide (par des pendages horizontaux) à des pendages NW, c'est-à-



FIG. 7. - Carte structurale de la phase 5.

Fond géologique : voir fig. 3. a : paléopendages de S_3 après F5 ; en blanc, pendages sud-est inférieurs à 30° ; pointillés lâches, pendages de l'ordre de 30-40° vers le sud-est (sites 12-13, 18-19) ou le nord-ouest (sites 16-17) ; pointillés serrés, pendages supérieurs à 40° vers le sud-est (sites 14-14A). b : trace du plan axial du mégapli (synclinal) 5 de la Têt. c : limite nord de la zone à microplis 5 et orientations moyennes actuelles de ces microplis.

dire un synclinal plus fermé. La bande étroite (1 000 m au plus: sites 12 à 15, 18-19) où se concentrent les pendages SE forts représente le flanc court de ce système. Ainsi se trouve complétée l'étude du secteur 14-17, car il n'avait pas été tenu compte, dans les paragraphes précédents, des positions relatives dans l'espace des quatre sites.

On peut noter que les *microstructures* (S_5 , A_5) se rencontrent surtout dans la zone la plus affectée de la phase 5 (elles sont curieusement absentes du site 16). Enfin, la variabilité des plans S_5 , interprétée comme un phénomène d'éventail de schistosités ou de plans conjugués (1^{re}partie, I–E) s'intègre bien dans la structure d'ensemble : la majorité des plans S_5 ont un pendage NW, comme le plan axial du pli, et se trouvent surtout au niveau du flanc court; les plans S_5 à pendage SE caractérisent le flanc long méridional.

Influence de F6 et F7 sur la géométrie du mégapli 5. La possibilité, à partir du traitement des données analytiques, d'obtenir des résultats quantitatifs, les paléopendages de S_3 , qui s'ordonnent spatialement d'une manière cohérente, est un argument en faveur de la méthode utilisée. Toutefois, on pourrait objecter que, puisque le cylindrisme du plissement 5 a été postulé, l'aspect de la structure devrait être plus régulier. En réalité, comme il a été annoncé plus haut, l'image que donne la carte tient compte des effets de F6 et de F7. a) On sait que F7 entraîne une torsion des éléments structuraux 3 à 6; on peut interpréter de cette manière l'orientation franchement NE-SW du pli de la Têt vers le sud-ouest.

b) A l'est, une autre inflexion est visible. Or, d'après la carte de la phase 7, il n'existe pas de plissement 7 notable dans ce secteur. En fait, la courbure du pli 5 peut s'expliquer par le jeu de F6. En effet, l'inflexion visible affecte le plan axial du synclinal 5; par ailleurs, l'analyse de \triangle_{14-17} a mis en évidence une phase 6 plus intense dans le site 14 que dans les sites 15 et 16. Or, l'examen de la grille (fig. 5) montre que si le pli 5 est fortement basculé et déformé par F6, S₅ tend à devenir E-W (et verticale); c'est bien le cas pour les sites 14 et 14A. Les hypothèses relatives à l'intensité de F6 faites plus haut et les données cartographiques sont donc en parfait accord.

c) Les variations d'intensité de F6 retentissent plus encore sur les axes A_5 : ils sont subhorizontaux au sud-ouest, à très fort plongement nord-est sur \triangle_{14} . Toutefois, leur direction change peu car le plan $\delta_{6(5)}$ est subvertical. Néanmoins, il est net que la structure 5 a tendance à s'ennoyer vers l'est.

Il est donc clair qu'actuellement le mégapli 5 de la Têt, entre les sites 12 et 19, n'est pas cylindrique. Cependant, l'essentiel du gauchissement du pli (40° pour le plan axial, 60° pour l'axe) s'explique par le jeu de F6 et F7. On peut en conclure qu'initialement, le mégapli 5 de la Têt était sensiblement cylindrique.

Il reste une particularité de la carte à discuter, c'est l'accentuation du mégapli 5 vers l'est; en effet, les paléopendages du flanc court augmentent régulièrement de l'ouest (30° dans le site 18-19) vers l'est (60° dans le site 14). On pourrait y voir un indice de non cylindrisme, ou encore une apparence due au non-cylindrisme de F6 (voir chap. III-C4), ou un défaut de la méthode utilisée. Mais on peut proposer une autre explication. En effet, on l'a dit, le pli 5 s'ennoie vers l'est. La carte donne donc du pli une coupe oblique. Les variations de pendage peuvent alors être dues à une certaine disharmonie du pli, plus accentué vers l'est (vers le haut) que vers l'ouest (le bas). La figure 8 illustre très schématiquement cette situation.

E - Conclusions

Au terme de cette analyse de la phase 5, il apparaît que, contrairement à l'impression que l'on retire du travail sur le terrain (où rien ne laisse soupçonner l'existence d'une grande structure 5) et de l'examen rapide des diagrammes, il est possible grâce à une analyse détaillée de tous les éléments structuraux, de





découvrir et de caractériser de manière détaillée un mégapli 5, initialement N75 horizontal, déjeté au sud-est, à plan axial penté au nord-ouest, cylindrique mais disharmonique, accompagné de microplis. Cette structure n'est bien marquée (flanc court) que dans une bande large de 1 000 m environ.

Ce mégapli 5 est fortement repris par F6, comme il en a été longuement discuté. Tous les aspects de cette superposition n'ont cependant pas été envisagés. Ils le seront dans le prochain chapitre.

Le mégapli de la Têt vient d'être décrit sur quelques kilomètres de distance seulement. On doit donc se demander ce qu'il devient en dehors des limites de la région étudiée. Vers l'est, il bute sur des accidents tectoniques plus récents (faille de la Têt...) et disparaît. Vers l'ouest, la question se pose de savoir si la zone synclinale qui sépare les anticlinaux gneissiques de la Carança et de Montlouis peut lui correspondre; en effet, dans cette zone, les microplis nord-est sont fréquents (voir aussi note infrapaginale, p. 4).

Par ailleurs, juste au sud de la région étudiée, de l'autre côté de la faille de la Têt, semble exister une mégastructure engageant la limite socle-couverture («zone synclinale de Thuès-Fontpédrouse», Guitard, 1970, p. 262). Cette structure n'est pas sans évoquer celle que nous venons de décrire, et il est clair que son étude serait à reprendre à la lueur de ces données nouvelles.

III – LA PHASE 6, PHASE TARDIVE MAJEURE

A - Caractères généraux de la phase 6

Sauf à proximité immédiate du granite de Montlouis (où prédomine la phase 7), la phase 6 donne à la région de Canaveilles-Olette l'essentiel de sa structure actuelle, car:

- elle est responsable du fort pendage N-NE de la série paléozoïque, et - elle a, en partie, effacé les structures plus anciennes.

La région est située sur la retombée nord de l'anticlinal du Canigou-Carança. L'existence de méga-anticlinaux de socle est par ailleurs le trait majeur de la tectonique hercynienne tardive dans la zone axiale. Or, on peut penser que ces mégastructures sont de phase 6, car (voir aussi 1^{re} partie, I-B2):

 leurs caractères géométriques (plis droits orientés 110-120 E10-20) et cinématiques (droite de glissement subverticale) sont ceux des microplis 6;

 il existe, à une échelle intermédiaire, un repli kilométrique au sud de la région étudiée (1^{re} partie, I-B2); c'est cette structure qui sera détaillée dans le présent chapitre;

toutes ces structures, petites et grandes, sont postérieures à la phase 5;

- elles sont antérieures à la phase 7 (voir plus loin);

- on ne connaît aucune microstructure autre que les microplis 6 qui serait rapportable à une phase plus récente que la phase 6 et dont dateraient les méga-anticlinaux; toutefois, un ou plusieurs épisodes de mylonitisation (l'un éventuellement contemporain de la phase 6?) existent ailleurs, et il n'est pas exclu qu'ils aient pu participer à la formation de ces mégastructures tardives (Carreras et *al.*, 1980).

Nous proposons donc de rapporter à la phase 6 le basculement général de la série de Canaveilles vers le nord, basculement lié à la formation de méga-anticlinaux orientés N110, sans exclure qu'un compartimentement du socle ait pu être amorcé dès la phase 5 selon une direction N70.

La phase 6 a été suffisamment intense pour effacer en partie les structures antérieures. En effet, comme il a été montré au chapitre précédent, le mégapli 5 de la Têt a été repris, replissé, par la phase 6, mais il a été aussi partiellement déplissé, ou déplié si l'on préfère; ceci est dû au caractère semblable de la déformation 6. Si l'on se reporte à la grille de la figure 5, on peut constater que le pli P₅ initial à un angle d'ouverture de 80° environ; pour une intensité de la phase 6 correspondant à celle observée dans le site 14 (P₅"'), cet angle atteint 130°. On verra au chapitre V que ce phénomène est plus net encore pour les grands plis 4.

B – Définition de l'intensité de la phase 6 et construction de la carte structurale de la phase 6

Le problème se pose en des termes plus simples que pour la phase 5. En effet, dans la mesure où l'on connaît bien la mégastructure qui existait avant F6, on peut apprécier l'intensité de la phase 6 à la façon dont elle déforme ce mégapli 5. Dans ce but, nous avons, à partir de la grille générale, élaboré le diagramme théorique $\Delta_{\rm F6}$ donné en figure 9.

L'idée de départ est que, si l'on veut bien admettre que toute la région a été structurée par F5, le nuage de S₃ de chacun des \triangle peut être assimilé (virtuellement au moins) à une portion du mégapli 5 plus ou moins basculée (et déformée) par F6. Il est toutefois nécessaire, pour utiliser ce \triangle , de faire l'hypothèse du cylindrisme du plissement 6, ce qui, vu la taille relativement réduite de la région étudiée, paraît possible (voir cependant, plus loin, quelques remarques à ce sujet).

Sur Δ_{F6} , on trouvera, outre le mégapli P₅ initial, un certain nombre d'arcs de grands cercles correspondant, site par site ou secteur par secteur, aux différnts tronçons de P₅ après F6. Chaque tronçon est considéré comme étant cylindrique (le choix sera justifié a posteriori quand il sera montré que la mégastructure 6 est grande par rapport aux dimensions des sites). Les axes A₅ correspondants sont donnés sur le plan $\delta_{6(5)}$.



FIG. 9. — Diagramme théorique Δ_{F6} permettant de déterminer l'intensité de la phase 6 en fonction de l'angle de basculement du mégapli 5. Des fragments (petits arcs de cercle) du pli P5 initial (grand arc de cercle) sont diversement basculés par la phase 6; l'angle de basculement peut se lire sur le plan de dispersion δ₆₍₅₎ qui est gradué de 20 en 20°. Pour l'explication détaillée de Δ_{F6}, voir texte, paragraphe III-B1. Les petits cercles centrés sur S₆ permettent de calculer l'angle S₃ ∧ S₆, voir texte, chapitre IV.

Les parallélogrammes courbes associés aux tronçons de P_5 représentent de manière plus réaliste la dispersion de S_3 à l'intérieur de chaque site ou secteur; les côtés courbes de ces surfaces ont valeur de pli 6 (petites variations de F6, microplissement 6) ou 4 (microplissement 4). Les effets de la phase 7 ont été (dans la mesure du possible) annulés.

Dans ces conditions, l'intensité de F6 peut être définie simplement comme l'angle dont les différentes portions de P₅ ont été basculées, le pli P₅ initial étant supposé horizontal. Les valeurs prises par l'intensité de F6 sont données dans le tableau ci-dessous (tab. 4).

Sites (secteurs)	Intensité de F ₆	Sites (secteurs)	Intensité de F ₆
1-5	environ 40°	13	environ 60°
6-7	environ 50°	14	environ 65°
8	environ 40°	14 A	environ 50°
9	environ 40°	15-17	environ 30-35°
10	environ 45°?	18-19	environ 15-20°
11	environ ?	20	environ 0-10°
12	environ 50°	21	environ 0°

TABL. 4. – Intensité de la phase 6.

On pourraît être tenté de prendre comme paramètre mesurant l'intensité de F6 le « taux de déplissement » du mégapli 5. Ce serait une erreur. En effet, et dans certains cas de figure, lors du développement de F6, c'est d'abord à un serrage du pli que l'on assiste. Dans le cas du site 14, pour une dispersion initiale de S₃ de 21° et une dispersion finale de 20°, il existe un stade intermédiaire (intensité de F6 : 30° environ) où la dispersion était de 37°! En revanche, pour le site 16, la dispersion de S₃ n'a fait que diminuer, passant de 34° à 16° (pas de serrage intermédiaire). Bien que la phase 6 ait été moins intense au niveau du site 16, le taux de déplissement y est plus fort : 53 % contre 5 % dans le site 14.

Remarques sur l'intensité maximale de la phase 6. Lorsque l'intensité de la phase 6 augmente, l'angle α entre S₃ et S₆

diminue. On peut remarquer, sur Δ_{F6} , que cet angle reste supérieur à 25° environ : on est donc encore loin de l'isoclinalisation. Il est intéressant de rapprocher cette observation de celle faite à propos de Δ_{13} (1^{re} partie, I–J) au sujet de l'apparition d'une surface S₆', remplaçant S₆ dans une zone où S₃ avait, avant F6 et à la faveur d'un grand pli 4, l'orientation de S₆. Or l'angle entre S₆ et S₆' est de 30° environ. Tout se passe donc, dans ce site, pour un niveau structural et une lithologie donnés, comme si l'angle entre S₃ et S₆ ne pouvait être inférieur à 30°; si par suite d'une orientation (anté-F6) de S₃ trop proche de celle de S₆ cet angle est plus petit, il apparaît une surface S₆' différente de S₆. Ceci peut se concevoir, à notre avis, comme un phénomène analogue, mais à propos de la phase 3, a déjà



FIG. 10. – Carte structurale de la phase 6 et coupe N-S schématique. Fond géologique : voir fig. 3. a : intensité de la phase 6 ; en blanc : intensité faible (angle de basculement inférieur à 25-30°); pointillés lâches : intensité moyenne (basculement : 30 à 45°); pointillés serrés : intensité forte (basculement : 50 à 65°). b : limites N et S du développement des microstructures 6. Fig. 10a. Coupe N-S montrant la stricte localisation des microplis 6 au domaine le plus basculé par F6; voir texte, paragraphe III-C5.

été décrit, dans la série de Jujols ; Laumonier et Guitard, 1978, p. 195).

Conclusion: construction de la carte structurale de la phase 6 (fig. 10). Cette carte est simplement construite en reportant, site par site, les valeurs du tableau 4.

C – Caractères de la phase 6 d'après la carte structurale

Tout d'abord, il ressort de l'examen de la carte que l'intensité de la déformation 6 ne varie pas de manière aléatoire, mais s'organise, selon un double gradient N-S, en bandes orientées N90-120 à l'intérieur desquelles cette intensité reste relativement constante. Comme à propos de la phase 5 et de la répartition cartographique de ses effets, il faut souligner que la logique qui se dégage de cette distribution est une confirmation de la validité des discussions menées dans ce chapitre et le précédent au sujet du rôle respectif des phases 5, 6 et 7 dans l'orientation actuelle des surfaces S_3 .

La phase 6 est particulièrement marquée dans une bande large de 1 000 m environ (sites 6-7, 12 à 14 A) où l'angle de basculement atteint ou dépasse 50°.

Au nord de cette bande, la phase 6 est un peu moins intense : l'angle de basculement est de l'ordre de 35 à 45° (sites 1 à 5, 8 à 10). Dans les sites 10 et, surtout, 11, il n'est pas exclu qu'une partie de ce basculement soit dû à la phase 4 (voir chapitre V).

Dans la série de Jujols, au nord et au nord-est de la région étudiée et en dehors des zones affectées par F4, les pendages de S_0 - S_3 sont souvent faibles (Laumonier et Guitard, 1978) : l'atténuation de la phase 6, esquissée dans la vallée des Cabrils, est donc manifeste. Mais le développement des mégaplis 4 rend difficile l'appréciation de la zone à partir de laquelle l'angle de basculement par F6 devient faible (moins de 30° par exemple); aussi la limite qui apparaît sur la carte est-elle très approximative.

Au sud de la bande médiane, l'intensité de F6 est plus faible (moins de 35°) et décroît rapidement. Ceci correspond au repli anticlinal kilométrique décrit dans la 1^{re} partie (I-B2).

En résumé, la phase 6 n'est importante que dans une bande large de 3 000 m environ (site 1 à 14), orientée N80 à N120. On peut remarquer que les domaines où l'intensité de F6 reste constante (variation de 10° au plus) sont grands, plus grands que leurs équivalents de la phase 5. Ceci justifie l'hypothèse faite antérieurement qu'à l'échelle du site (et parfois du secteur) le cylindrisme des structures 5 est conservé par la déformation 6.

Le dispositif qui vient d'être décrit montre, d'est en ouest, une certaine inflexion : direction N110-120 à l'est, N80-90 à l'ouest. Cette variation se superpose à celle notée au chapitre 1 pour les directions de S₆ et l₆. Nous y voyons naturellement la conséquence de la phase 7; la mégastructure étudiée ici est donc bien anté-F7.

Intensification de F6 d'ouest en est. On observe, dans la bande la plus basculée par F6, une certaine augmentation de ce basculement de l'ouest (moins de 50°) vers l'est (plus de 60° pour le site 14). Or, le site 14 est celui qui a été trouvé le plus affecté par la phase 5. S'il ne s'agit pas d'une simple coïncidence, on peut faire plusieurs remarques à ce sujet.

- On peut penser que F6 est plus intense parce que S_3 avait, avant F6, une orientation très éloignée de S_6 ; dans ce cas, on doit considérer que le développement du mégapli 6 est en partie influencé par l'état de S_3 avant F6.

- Quoi qu'il en soit, on ne peut pas considérer que la déformation 6 soit parfaitement homogène, donc que le mégapli 6 soit (virtuellement) parfaitement cylindrique: son axe doit avoir un léger plongement est dans la partie orientale de la région étudiée.

- Si le mégapli 6 n'est pas cylindrique, les paléopendages de S_3 calculés au chapitre précédent doivent être corrigés (car la trajectoire de S_3 lors de F_6 n'est plus assimilable à un arc de grand cercle); on peut montrer que l'erreur commise sur ce paléopendage est par excès de 20° environ si le mégapli 6 possède, vers le site 14, un plongement axial de 20° vers l'est. Ce phénomène peut alors expliquer en partie l'accentuation du mégapli 5 dans ce secteur. Toutefois, cet effet semble local et ne paraît pas devoir remettre en cause les conclusions du chapitre précédent relatives à l'existence du mégapli 5 de la Têt.

Relations entre mégastructure 6 et microplissement 6. La comparaison entre la carte structurale et les données analytiques fait apparaître de manière remarquable que les microstructures S_6 et l_6 sont absentes des zones peu ou pas basculées par F6 : sites 18 à 21 au sud, sommet de la série de Canaveilles et série de Jujols au nord. Au contraire, dans le domaine fortement affecté par F6, schistosité et microplis 6 sont fréquents.

A cet égard, le secteur 15-19 est très démonstratif: les microplis 6 sont abondants sur \triangle_{15} et $_{16}$ (intensité de F6:35°), rares sur \triangle_{17} (intensité de F6: 30°), absents sur \triangle_{18-19} (intensité de F6: 15-20°).

On a là un bel exemple de corrélation spatiale entre microplis et mégastructure, corrélation qui confirme, s'il en était besoin, le caractère cogénétique de ces éléments. Cette relation est illustrée sur la coupe schématique qui accompagne la fig. 10 (fig. 10a); il est clair que la schistosité et les microplis 6 sont localisés sur le flanc redressé du méga-anticlinal de la Carança.

L'absence de mésostructures 6 (plis déca à hectométriques) mérite aussi d'être soulignée, alors qu'il existe des plis de cette taille de phase 4 (voir chap. V) et de phase 7. Or, dans le cas de la phase 7 on constate que le développement des microstructures souligne au contraire le plan axial du mégapli 7. Par contre, la phase 5 se rapproche de la phase 6 en ce que les microplis 5 se rencontrent surtout au niveau du flanc court du mégapli 5 de la Têt.

En conclusion, on peut retenir que les phases 5 et 6, responsables de la structure en dômes et bassins de la zone axiale, ont beaucoup de points communs (d'ailleurs, les plis 110 et 60 ont souvent été, à tort toutefois, considérés comme des plis conjugués!) et on peut considérer qu'elles correspondent au développement de zones de cisaillement découpant en blocs le bâti structuré par les phases précoces : les plissements 5 et 6 ayant des droites de glissement subverticales, et les axes de plis étant subhorizontaux, il semble que ces zones n'aient pas valeur de zones de décrochement. En revanche, la phase 7 possède des caractéristiques notablement différentes ; elle accompagne la mise en place d'une partie du granite de Montlouis, les deux phénomènes étant vraisemblablement liés.

D - Conclusions sur la phase 6

La région d'Olette, sauf l'extrême sud-ouest, est affectée par la phase 6 qui bascule la série paléozoïque au nord ainsi que le mégapli 5 de la Têt qui est replissé et partiellement déplié. La carte structurale de la phase 6 montre que cette phase est surtout marquée dans une bande large de 3 km environ et orientée N80-120. C'est uniquement dans cette bande que l'on peut observer les microstructures 6 associées (schistosité, microplis). On passe ainsi d'une zone haute au sud (anticlinal du Canigou-Carança) à une zone basse au nord («Synclinal» de Villefranche) par l'intermédiaire d'une flexure ductile, zone de cisaillement où la série de Canaveilles est basculée au nord et déformée selon un style semblable.

Dans la région étudiée, la phase 6 n'est jamais très intense. Ailleurs toutefois, et notamment dans les Aspres (région de Baillestavy; cf. 1^{re} partie), la phase 6 donne des couloirs où S_3 est verticalisée; un point intéressant sera d'essayer de retrouver, dans le socle, l'équivalent, peut-être mylonitique, de ces couloirs de cisaillement.

IV – SUPERPOSITION ET INTERFÉRENCE DES PHASES 5 ET 6 DANS LA VALLÉE DE LA TÊT

Les mégastructures 5 et 6 ont des directions axiales faisant entre elles un angle de 30 à 40°. Dans les deux cas, il s'agit de plis assez ouverts. Dans ces conditions, S_3 doit avoir une forme complexe de type «dômes et bassins», résultant de l'interférence de deux plissements superposés. Il en est de même de S_0 , proche de S_3 .

Toutefois, il est illusoire d'espérer voir apparaître ces figures sur la carte lithostratigraphique; la raison principale en est que (sauf à l'extrême sud-ouest) la topographie n'est pas tangente aux couches, puisque la série a un pendage nord important. Seule l'interférence de plis très serrés serait visible.

Sur Δ_{r_6} (fig. 9), la structure en dômes et bassins se traduit par une dispersion globale de S₃ dans un cercle de 70° de diamètre environ (normales dispersées dans un cône de 35° de demi-angle d'ouverture). Donc, puisque l'orientation de S₃ dépend des effets cumulés de F5 et F6, une carte d'isoorientations de S₃ à l'issue de F6 permettrait de visualiser la superposition des deux phases. Les variations d'orientation seraient simples en cas de pli 6 ou de pli 5 seul, complexe dans les zones d'interférence.

Cependant ces variations sont modestes et, surtout, difficiles à représenter car il faut deux paramètres, direction et pendage, pour caractériser une orientation. Il faudrait donc considérer simultanément les variations de ces deux paramètres.

Il existe pourtant une autre grandeur, déterminable par un seul paramètre, facile à mesurer, et dont les variations rendent bien compte de la superposition de F5 et F6. Il s'agit de l'angle α fait par S₃ et S₆, à l'issue de F6. Il est clair que α est une fonction inverse de l'intensité de F6 (tendance à l'isoclinalisation); en l'absence de plissement 5, α est le complément de l'angle de pendage de S₃ (S₆ est vertical). α est modifié en cas de plissement 5: à intensité de F6 constante, α augmente quand S₃ avait un pendage sud-est (effet de retard; exemple: site 15), il diminue quand S₃ avait un pendage NW avant F6 (effet d'avance; exemple: site 16). Les valeurs prises par α reflètent donc fidèlement les deux phases de plissement et leur interférence.

Les petits cercles centrés sur le pôle de S₆, sur Δ_{F6} (fig. 9), permettent de déterminer α pour chacun des sites : les valeurs trouvées ont été reportées sur la carte donnée en figure 11 (sites 1 à 7, 12 à 20).

Il apparaît clairement que les lignes isogones sont parallèles aux directions structurales 6 hors de la vallée de la Têt (F5 nulle); localement, elles sont parallèles aux directions 5 (sites 15 à 17; F6 constante). Mais surtout, on voit dans la vallée de la Têt une série d'anomalies alignées selon une direction N70; ces anomalies perturbent le dispositif régulier visible au nord et à l'ouest; elles sont dues à l'influence du mégapli 5.

En conclusion, on remarquera que cette façon de représenter cartographiquement l'interférence de deux plissements superposés pourrait servir de méthode de recherche de ce type de structure. En effet, si la seconde phase de plissement est de type semblable, une carte détaillée de α révélera, par un alignement d'anomalies, l'existence d'une direction structurale interférente, même en l'absence de mesures d'axes de plis.



FIG. 11. – Carte montrant l'interférence des plissements 5 et 6. α est l'angle entre S₃ et S₆. Voir texte, chapitre IV. Une série d'anomalies dans la répartition des valeurs de α matérialise la zone où les mégaplis 5 et 6 se superposent, dans la vallée de la Têt principalement.

V – LA PHASE 4 ET SES PARTICULARITÉS

A la phase 4 sont associés les plis tardifs les plus anciens observables dans la région d'Olette: plis orientés 80-120 E 0-20, à plans axiaux (S₄) faiblement pentés au nord ou au sud. Les plis 4 sont les structures tardives les plus fréquentes ; seuls les sites 11, 20 et 21 en sont (presque) dépourvus. Ils ont été utilisés, au chapitre II comme marqueurs de la déformation 5, grâce à la variation de leur orientation. Les pendages des plans S4 ont servi à estimer l'intensité de la phase 6 dans le secteur 14-17. Nous voudrions revenir sur ce dernier point et le préciser avant d'envisager le problème des mégastructures 4.

A – Analyse de l'orientation des plans S_4 ; estimation de leur pendage initial

Les plans S₄ sont dispersés par les phases 5 et 6 (les effets de F7 étant décomptés; ils sont presque toujours faibles dans ce cas); à intensité de F5 égale, les pôles des plans S_4 doivent se trouver sur des arcs de grands cercles de pôles la - le. Cette dispersion est due à un double phénomène : éventails de schistosités lors de F4, replissement (basculement) lors de F6. Les observations de terrain et la considération des △ pour lesquels F6 est uniforme montrent que les éventails de schistosités dépassent facilement 40° (cf. △3-4, 6, 8...). Pour importants qu'ils soient, ces éventails ne masquent pas entièrement les effets de la phase 6, comme nous allons le montrer grâce au diagramme $\triangle S_4$ donné en figure 12.

Sur $\triangle S_4$ sont figurés 5 nuages (A à D) de pôles de S₄ regroupés en fonction de l'intensité de F6 telle qu'elle a été définie au chapitre III :

- nuage A; \triangle_{18-19} ; F6 très faible
- nuage B; \triangle_{15-17} ; F6 faible
- nuage C; Δ_1 à _{5,8} à ₁₁; F6 moyenne nuage D; Δ_{6-7} , ${}_{12\pm 13, 14}$; F6 assez forte nuage E; Δ_{14} ; F6 forte.

Puisque pour chacun de ces nuages l'intensité de F6 est à peu près constante, la dispersion de S4 qu'on y observe correspond à un éventail de schistosités; les pôles des arcs de cercle notés A...E ont donc valeur d'axe A4 et ont été figurés comme tels. Le décalage et l'élargissement des nuages sont dus aux effets de F5 (qui tend à donner aux plans S4 une orientation N-S; nuage D en particulier). Les éventails de schistosités sont de 25° pour A (peu de points), 40° pour B, 65° pour C, 70° pour D, 35° pour E. La cause de l'amplitude de cet éventail dans les nuages B, C et D sera explicitée en A-3 ci-après.

Il faut souligner que les orientations, et surtout les pendages, de S₄ confirment parfaitement les résultats obtenus de manière indépendante concernant l'intensité de la phase 6 : on observe bien un basculement progressif de S4 lors de F6; si l'on fait abstraction de F5, S4 présente d'abord des pendages S faibles (nuages A et B), puis subhorizontaux (nuage C), puis N faibles à moyens (nuage D) et enfin N assez forts (nuage E).

Il est donc très satisfaisant de constater que les orientations actuelles de S₄, très variables, s'expliquent bien par le jeu des phases 5 et 6 telles qu'elles ont été définies précédemment. Nous y voyons une sorte de test vérifiant la validité des caractéristiques attribuées à ces deux phases.

Il est possible de pousser l'analyse plus loin en considérant

A = 18-19 B= 15-17 C= 1-5,8,11 D= 6-7, 12-13, 14A E= 14

FIG. 12. – Diagramme $\triangle S_4$: analyse de la dispersion des plans S_4 . Les plans S4 sont regroupés en cinq nuages (A à E) correspondant à des intensités croissantes de F6. Voir explication détaillée dans le texte, paragraphe V-A1.

comment évolue, dans un plissement semblable, un éventail de schistosités tel que celui de S₄. Cette évolution est esquissée sur la figure 13. Les effets de F5 ne sont pas pris en compte. On se donne un état initial (stade 0) avec S3 horizontale, S4 110S50 et éventail de S₄: 27°. Neuf stades de la déformation 6 sont indiqués. Le stade 5 correspond sensiblement à l'état des choses dans le secteur 1-5, et donc au nuage C de $\triangle S_4$: S_4 110 subhorizontal, éventail de S4: 63º et S3 moyen 110N50; en fait, c'est cette contrainte sur le pendage de S3 qui permet de choisir parmi les nombreuses situations de départ (S4 initial et éventail) qui, pour une certaine déformation 6, permettent d'obtenir S_4 subhorizontal avec un éventail de 60°. Le stade 3 correspond à peu près au nuage B, les stades 6 ou 7 au nuage C, le stade 8 ou 9 au nuage D. On constate que l'éventail de schistosités augmente jusqu'au stade 6 où il atteint 66°, c'est-à-dire plus du double de l'éventail de départ ; il diminue ensuite. Pour les nuages D et E, il faudrait tenir compte de l'influence de F5; en fait, elle est relativement modérée (lors de F5, l'éventail de S₄ diminue, mais il est davantage augmenté par F6 : les deux effets se compensent partiellement).

En conclusion de cette analyse, il semble raisonnable de proposer pour S₄ une orientation moyenne initiale 110S50 avec un éventail de schistosités de l'ordre de 25-30° environ, éventail nettement plus faible que celui que l'on observe aujourd'hui dans la plupart des secteurs.

Remarques: Les considérations précédentes supposent que le plissement semblable 6 est dû uniquement à un cisaillement



- FIG. 13. Influence de l'intensité du plissement semblable 6 sur l'orientation et l'éventail de S_4 .
 - A partir de l'état initial 0, on observe un basculement progressif de S_4 , tandis que l'éventail de schistosités S_4 augmente (stades 1 à 6) puis diminue (stades 7 à 9); voir texte, paragraphe V-A2.

simple, sans aucune composante d'aplatissement (homogène ou non) superposée. On ne dispose pas de marqueurs susceptibles d'enregistrer un éventuel aplatissement ; cependant les caractéristiques attribuées à F6 (concentration de la déformation dans des zones de cisaillement...) laissent penser que cet aplatissement peut être modeste. Il n'en est peut-être pas de même lors de la phase 7 (*cf.* chap. III, A-2).

B – Sur l'absence de mégastructure 4 dans la zone des petits plis 4

La question de l'influence d'éventuels grands plis 4 sur l'orientation des éléments structuraux 5 à 6 a été traitée dans la 1^{re} partie à propos de l'interprétation des \triangle_{13} et $_{16}$. Rappelons ici simplement que l'existence de zones où S₃ a été plus ou moins verticalisée lors de F4 a deux conséquences : la dissociation des linéations l_4 et l_6 (les linéations l_6 , très dispersées, ayant des plongements E forts) et l'apparition d'une surface S₆ remplaçant S₆ (voir aussi cet article, chap. III, B-3). Une dispersion primaire des axes A₅ dans S₅ est aussi à attendre (1^{re} partie, I-J). Or, la rareté des observations de ce type dans la région d'Olette est frappante; seuls les sites 13 et 16 portent la trace, sous forme d'axes A_6 subverticaux, de la présence de grands plis 4.

L'incidence de la phase 4 sur la structuration en grand de la série de Canaveilles paraît donc très faible. D'ailleurs, toutes les constructions faites au sujet des phases 5, 6 et 7 l'ont été avec cette hypothèse préalable.

Cette absence de mégastructure 4 contraste vivement avec le grand développement des plis mésoscopiques et des microplis 4. Sur le terrain, les plis 4 sont souvent les plus nombreux et les plus grands, donc les mieux visibles; en particulier, ils sont généralement plus grands que les microplis 6.

Contrairement à ce qui se passe pour les phases 5,6 et 7, le développement des petites structures 4 n'est pas lié à celui d'une mégastructure; en fait, ce sont les mésostructures (plis décamétriques en moyenne) qui dominent lors de F4.

Remarque sur la géométrie des plis 4. On a montré dans la 1^{re} partie comment les grands plis 4 hectométriques des sites 13 et 16 sont en grande partie déplissés lors de F5 et F6. Or, sur le terrain, les petits plis sont assez serrés. Il est facile de constater sur la figure 14, inspirée de la figure 13, qu'il doit en être ainsi si de grands plis 4 à flanc court subvertical sont associés à des petits plis plus fermés à flanc court renversé : on constate que, lors de la déformation 6 (seuls les stades 5 et 8 de la figure 13 sont indiqués), le grand pli s'ouvre tandis que les petits plis se ferment, ce qui accentue le contraste initial.

Cette remarque s'applique aussi aux plis 5 : le mégapli 5 de la Têt a tendance à être effacé lors de F6, alors que les microplis 5 sont accentués.

C – Relation entre les plis 4 de la région d'Olette et les mégastructures tardives de la région d'Évol-Jujols (Laumonier, 1974)

La série de Jujols, au nord et au nord-est d'Olette, est dans l'ensemble peu affectée par les déformations tardives : pas de



FIG. 14. – Influence de l'intensité du plissement semblable 6 sur la géométrie des plis P₄. Les plis P₄ initialement assez fermés vont le rester lors du plissement 6, tandis que des plis plus ouverts vont avoir tendance à s'ouvrir davantage; voir texte, paragraphe V-B2. microplis, faible basculement par la phase 6, légère inflexion des éléments structuraux par la phase 7.

Cependant, au sommet de la série de Canaveilles, à l'ouest d'Évol, existe un grand repli anticlinal déversé au nord, à la faveur duquel S_{0-3} est verticalisée et renversée (Laumonier, 1974; 1^{re} partie I–B1). Les caractères géométriques de ce mégapli sont ceux des plis 4 : axe N120 subhorizontal, plan axial 120S25 environ. Ceci correspond à peu près au stade 2 de la déformation 6 (fig. 13); en moins déformé, ce mégapli ressemble beaucoup au pli hectométrique du site 13. Aussi tenonsnous le mégapli d'Évol pour une structure 4.

Dans d'autres secteurs de la région d'Évol-Jujols, on observe des renversements de S_0 et S_3 très comparables. Par continuité, et parce qu'aucune autre phase tardive ne peut rendre compte de ces renversements, nous pensons qu'il est justifié de les attribuer à la phase 4. Ces zones renversées ont été cartographiées systématiquement (*cf.* Laumonier et Guitard, 1978, fig. 23, p. 197); une partie de ces résultats sont repris sur la carte structurale de la phase 4 (fig. 15).

On constate que les zones affectées fortement par F4 (S₃ renversée), et correspondant théoriquement aux flancs courts de mégaplis 4, ne sont pas orientées N120 comme les plis euxmêmes. En fait, ces zones sont localisées dans d'étroits couloirs (moins de 1 000 m de large) orientés N160 et N70, formant vraisemblablement un système conjugué dont la direction axiale des plis, N120, est bissectrice. Le cours de la rivière d'Évol d'une part, et ceux de la basse vallée des Cabrils et de la Têt en aval d'Olette d'autre part, sont déterminés de manière précise par ces couloirs.



FIG. 15. - Carte structurale de la phase 4.

Fond géologique: voir fig. 3. a: intensité de la phase 4; en blanc: zones peu ou pas affectées; pointillés lâches: secteurs moyennement affectés (S_3 basculée au N); pointillés serrés: zones les plus affectées (S_3 renversée au S). b: limites N et SW de la zone à petits plis P₄ abondants. c: orientation et taille des plis P₄ (mégaplis, plis mésoscopiques, microplis). d: flexures associées aux zones les plus affectées par F4; voir texte, paragraphe V-C.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les plis 4, étant confinés dans ces couloirs, ne peuvent pas être cylindriques sur de grandes distances. En particulier, le mégapli d'Évol, le plus net, n'est visible que sur 1 000 m environ ; vers l'est, il disparaît brutalement au passage de la rivière d'Évol, vers l'ouest, il s'atténue plus lentement. Tout bien considéré, la phase 4, dans la série de Jujols, crée, plutôt qu'un plissement, un basculement progressif vers le sud de S0-3 à l'approche de flexures N160 et N70 suivi, de l'autre côté de ces flexures, par un rapide retour aux pendages N normaux. La figure 16 tente de représenter schématiquement cette disposition, que l'on peut comparer à celle de la membrane ondulante d'un Trypanosome.

Cette disposition particulière est compatible avec le fait que les diagrammes donnent, en partie à tort, l'impression que S_0 - S_3 est déformée par des plis; en fait, sur un \triangle , une dispersion selon un grand cercle fournit un axe de zone qui n'est pas forcément un axe de pli. Seule la cartographie, faite en même temps que l'analyse microstructurale, permet de s'en rendre compte.

Pour en revenir à la région d'Olette, on doit noter que le pli 4 hectométrique du site 13 se place clairement en bout du couloir N70; les nombreux plis décamétriques des sites 6 et 7 représentent l'amortissement vers l'ouest de ce dispositif. En revanche, le grand pli 4 du site 16 est plus isolé, et aussi, sans doute, moins marqué.

D - Conclusion

Relativement à la phase 4, la région d'Olette peut se subdiviser en trois domaines:

 au nord, dans la série de Jujols (région d'Évol-Jujols), c'està-dire dans la partie haute du bati, vastes zones renversées au sud à la faveur de plis-flexures et confinées dans des couloirs conjugués orientés N160 et N70; pas de microstructures;

En conclusion de cette étude des phases tardives dans la

région de Canaveilles, nous insisterons sur les dissemblances,

plutôt que sur les ressemblances, entre ces phases tardives, et

terminerons en formulant quelques remarques métho-

Les figures 17 et 18 rassemblent les résultats acquis dans

cette étude. La carte de la figure 17 tente de visualiser la super-

position spatio-temporelle des phases F4 à F7; les zones d'in-

terférence y apparaissent clairement. La figure 18 schématise

les relations entre les structures de différentes tailles, pour cha-

Sur le terrain, il est impossible de distinguer les plis des

quatre phases par leur style : il s'agit toujours de plis approxi-

mativement semblables. Ceci tient sans doute à ce que tous ces

plis se sont formés dans un «climat» comparable, celui de la

Caractères différentiels des phases tardives

dologiques.

cune des phases.

culmination du métamorphisme régional et du développement du métamorphisme de contact. Cette constatation oblige à chercher d'autres causes pour expliquer les différences qui ressortent de la figure 18 et du tableau 1.

Les phases 5 et 6 ont des caractéristiques assez voisines. Les microstructures soulignent, semble-t-il, des zones de cisaillement orientées respectivement N60-70 et N110-120, et à direction de glissement subverticale, qui concentrent la déformation. Le résultat est le découpage en dômes et bassins de la zone axiale, structure majeure bien visible sur les cartes générales (France à 1/1 000 000 par ex.). Cette disposition, créée par les phases 5 et 6, a été accentuée ultérieurement par des épisodes de mylonisation (en partie au moins hercyniens). Pour ces deux phases, l'absence de mésostructures semble liée à la prédominance de la composante de cisaillement simple lors du plissement, qui est très proche du type classique du plissement semblable.

tig 16

FIG. 16. - Carte schématique précisant l'influence de la phase 4 sur l'orientation en grand de S_1 . 1 et 2: pendages N (1) et S (2) de S3; la longueur de la jambe du T est inversement proportionnelle à l'angle de pendage. 3: grandes flexures. 4: zones où S3 est renversée au S. 5: grands plis P4. Voir texte, paragraphe V-C2.

- au centre (vallée des Cabrils), amortissement du dispositif précédent; plis 4 déca à hectométriques; microstructures (microplis, schistosité) abondantes;

- au sud (vallée de la Têt), uniquement des petits plis à schistosité;

dans cette évolution N-S, on peut voir l'influence du niveau structural, de plus en plus profond vers le sud, mais aussi, sans doute, un changement dans le style même du plissement 4.

En tout cas, il est clair que lors de la phase 4, microstructures et mégastructures sont nettement dissociées dans l'espace.



FIG. 17. – Carte synthétique montrant la superposition dans le temps et dans l'espace des mégastructures associées aux quatre phases tardives. Les figurés d'une phase oblitèrent partiellement ceux des phases plus anciennes. Pour chaque phase, trois intensités sont distinguées : forte (b), moyenne (a) et faible (blanc). Il ressort clairement sur cette carte que la zone la plus complexe est à l'est, dans la vallée de la Têt; on voit clairement aussi, vers l'ouest, le développement de la phase 7 sur la mégastructure 6.

La phase 7 montre, au contraire, une concentration des micro et mésostructures au voisinage du plan axial du mégapli associé. On peut envisager dans ce cas, et très hypothétiquement, qu'une composante d'aplatissement inhomogène s'ajoute au cisaillement simple, ce qui permet encore d'engendrer des plis semblables mais plus ou moins disharmoniques (Ramsay, 1967 fig. 7-104). La corrélation entre le développement de ces structures et les zones les plus chaudes (voir fig. 3) paraît compatible avec cette façon de voir. Contrairement aux phases 5 et 6, on ne peut pas mettre en évidence d'éventuelles zones de cisaillements; par contre, la mise en place, probablement syn-F7, de la partie centrale du granite de Montlouis est sans doute un facteur important expliquant la localisation des manifestations de F7.

La phase 4, enfin, se caractérise par une absence apparente de relation spatiale entre petites et grandes structures; le fait que la droite de glissement associée semble plutôt peu pentée et la localisation très originale de la déformation (voir chap. V) opposent fortement, eux aussi, F4 à F6. Il est difficile, malgré des directions axiales confondues, de considérer ces deux phases comme deux étapes d'une seule déformation.

Plus généralement, il nous paraît important de souligner que les quatre phases tardives reconnues dans la région ne peuvent pas s'intégrer dans une déformation progressive unique dont elles constitueraient quatre stades. Au contraire, il s'agit de quatre événements tectoniques distincts, discrets, entre lesquels il ne paraît pas possible d'observer une évolution continue,



FIG. 18. – Synthèse géométrique des plissements tardifs. Pour chaque phase, on donne une coupe très schématique, perpendiculaire à la mégastructure et à l'échelle de la région étudiée, précisant en particulier les relations spatiales que l'on trouve entre micro-, méso- et mégaplis.

même si, comme il est probable, ces quatre phases ont fonctionné pendant une durée totale assez brève, celle correspondant à la mise en place du granite de Montlouis.

Le fait que la région étudiée ne représente qu'un des flancs de la mégastructure de la Carança ne permet pas d'apprécier dans quelle mesure ces événements n'enregistrent pas des étapes dans l'évolution de la mégastructure qui pourrait être, elle plus progressive; toutefois ce point ne pourra être précisé qu'après une étude comparable du flanc sud, en cours actuellement.

Sur le plan méthodologique, il nous paraît intéressant de résumer la démarche qui a été la nôtre dans cette étude des phases tardives.

Dans un premier temps, a été effectuée la collecte de plusieurs milliers de mesures d'orientation d'éléments structuraux (axes et plans axiaux étant mesurés simultanément), ainsi que la recherche, sur le terrain, de figures de superposition permettant d'établir la chronologie relative des phases de déformation.

Ensuite, il a été procédé à une analyse théorique de ces

mesures dans le but de déterminer la part de chaque phase dans l'orientation actuelle des éléments structuraux, en particulier de S_3 . Pour chaque phase, des critères permettant de définir son intensité ont été définis.

Enfin, la construction de cartes d'intensité, pour chacune des phases, a permis la reconstitution de mégastructures dont l'une au moins, le mégapli 5, est en partie effacée par les phases plus récentes.

Seule, pensons-nous, la confrontation entre les résultats des (rétro)-constructions théoriques et les données géologiques permet de vérifier la validité de ces résultats (et, pour F4, de les nuancer). Ce travail est donc *un essai pour relier les méthodes de la tectonique analytique, facilement coupée des réalités géologiques régionales, et celles de la géologie structurale plus classique.*

Remerciements: les auteurs tiennent à remercier A. Autran pour ses discussions et remarques constructives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CARRERAS J., JULIVERT M., SANTANACH P. (1980). Hercynian mylonite belts in the Eastern Pyrenees: an example of shear zones associated with late folding. J. Struct. Geol., 2, p. 5-9.
- GUITARD G., GEYSSANT J., LAUMONIER B. (1984). Les plissements hercyniens tardifs dans le Paléozoïque inférieur du versant nord du Canigou, 1^{re} partie : analyse géométrique et chronologie des phases superposées, relations avec le granite de Montlouis. Géologie de la France, nº 4.

LAUMONIER B. (1975). - Contribution à l'analyse structurale de la

série de Jujols sur le flanc sud du Synclinal de Villefranche (Pyrénées Orientales). Thèse 3^e cycle, Paris VI, 120 p.

- LAUMONIER B., GUITARD G. (1978). Contribution à l'étude de la tectonique superposée hercynienne des Pyrénées Orientales: le problème des plissements précoces dans le Paléozoïque inférieur épizonal (série de Jujols) du Synclinal de Villefranche de Conflent. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam. Fr.*, (2), 20, 2, pp. 177-212.
- RAMSAY J.G. (1967). Folding and fracturing of rocks. Mc. Graw Hill, New York. 568 p.