



1A, Semestre 5: Analyse Structurale – Cartographie 2019-20

TD 8: Analyse structurale de la carte Condé sur Noireau 1:50 000

Buts

Analyser une zone plissée et déchiffrer son histoire géologique en utilisant une carte, une projection stéréographique et une ou plusieurs coupes schématiques.

Au cours de ce TD (et à rendre à la fin de TD)

- Construire un schéma structural d'une carte
- Ploter et analyser des données structurales de deux séries plissées (litage, foliation, axes de plis secondaires etc) sur la projection stéréographique.
- Décrire les plis (taille, asymétrie) et les failles éventuelles (orientation, déplacement..).
- Proposer une histoire géologique d'un secteur utilisant les données de carte et de stéréo, définissant la chronologie des événements (sédimentaires, magmatique, tectoniques).

PARTIE 1: Stratigraphie et schéma structural de la carte Condé sur Noireau (1 heure)

La carte de Condé sur Noireau se trouve que la limite NE du Massif Armoricaïn et la limite NW du Bassin de Paris. On peut distinguer quatre grandes unités tectono stratigraphiques : une intrusion granodioritique, une série méta-sédimentaire briovérienne d'âge protérozoïque, une série sédimentaire d'âge cambro-ordovicienne et une série sédimentaire jurassique.

EXERCICE 1. ECHELLE DE TEMPS

Avec le Prof, identifiez les quatre grandes unités tectonostratigraphiques qu'on trouve sur la carte et placez les sur l'échelle de temps sous la colonne appropriée. Discutez la signification des contacts entre ces unités. Identifiez ainsi les principaux phases de sédimentation, magmatisme, déformation (orogénèse), etc.

EXERCICE 2. SCHEMA STRUCTURALE.

Sur une feuille A4 réalisez un schéma structural représentant l'agencement des quatre unités tectonostratigraphiques. Indiquez clairement la nature des contacts entre ces unités (faille, discordance, magmatique, stratigraphique, etc). Indiquez l'auréole thermo métamorphique autour de l'intrusion magmatique. N'oubliez pas de rajouter un titre, une échelle approximative, une flèche Nord et une légende.

L'échelle des temps Géologique Mésozoïque et Cénozoïque

			Ma	±	Stratigraphie	Discordances	Magmatisme	Phases distensives	Phases orogéniques
C É N O Z O Ï Q U E	QUATERNAIRE								
	PLIOCÈNE	PLAISANCIEN *	1,75	0,05					
		ZANCLÉIEN	3,4	-					
		MESSINIEN	5,3	-					
			7,1	0,3					
		TORTONIEN	11,0	0,3					
		SERRAVALLIEN	14,7	0,5					
		LANGHIEN	15,8	0,4					
		BURDIGALIEN	20,3	0,5					
		AQUITANIEN	23,0	0,5					
			23,0	0,5					
	OLIGOCÈNE	CHATTIEN	28	1					
		RUPÉLIEN *	33,7	0,5					
	ÉOCÈNE	PRIABONIEN	37,0	1/0,5					
		BARTONIEN	40	1					
		LUTÉTIEN	46,0	1/0,5					
		YPRÉSIEN	53	1					
	PALÉOCÈNE	THANÉTIEN	59	2					
		DANIEN *	65,0	0,5					
			65,0	0,5					
	CRÉTACÉ	MAASTRICHTIEN	72,0	0,5					
		CAMPANIEN	83	1					
		SANTONIEN	87	1					
		CONIACIEN	88	2					
		TURONIEN	92	2					
		CÉNOMANIEN	96	2					
		ALBIEN	108	3/1					
		APTIEN	113	3					
		BARRÉMIEN	117	5/2					
		HAUTERIVIEN	123	6/2					
		VALANGINIEN	131	4					
		BERRASIEN	135	5 / 5					
		TITHONIEN	141	7/5					
		KIMMÉRIDGIEN	146	-					
		OXFORDIEN	154	5					
		CALLOVIEN	160	2					
		BATHONIEN	164	2					
		BAJOCIEN	170	4 / 3					
		AALÉNIEN	175	-					
M É S O Z O Ï Q U E	JURASSIQUE	TOARCIEN	184	-					
		PIÉNSBACHIEN	191	-					
		SINÉMURIEN	200	4/?					
		HETTANGIEN	203	3					
		RHÉTIEN	-	-					
		NORIEN	220	10					
		CARNIEN	230	6					
		LADINIEN	233	5					
	TRIAS	AMSIEEN	240	5					
		OLENEKIEN	-	-					
		INDUSIEN	250	5					
		SCYTHERIEN							

L'échelle des temps Géologique: Paléozoïque et Precambrien

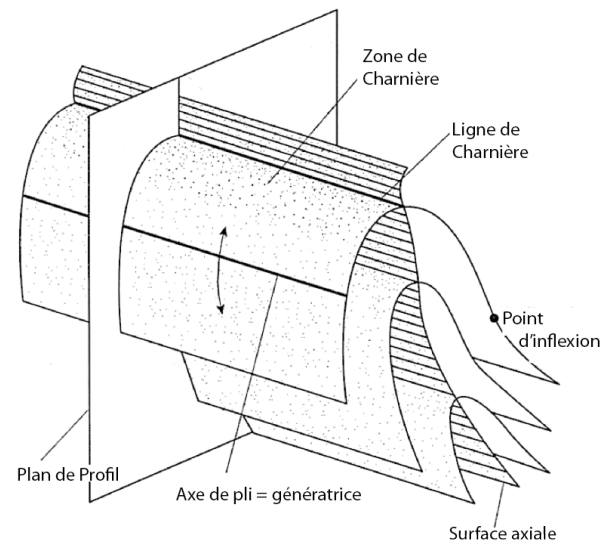
Ère	Période	Epoque	Etage	Age (en	Stratigraphie	Discordances	Magmatisme	Phases distensives	Phases orogeniques
Paléozoïque ou primaire	Permien	Supérieur	Thuringien	-245					
		Inférieur	Saxonien	-258					
			Autunien	-265					
	Carbonifère	Silésien	Stéphanien	-295					
			Westphalien	-305					
			Namurien	-315					
		Dinantien	Viséen	-350					
			Tournaisien	-360					
	Dévonien	Supérieur	Frasnien	-365					
			Givétien	-375					
		Moyen	Eifélien	-380					
			Emsien	-385					
		Inférieur	Praguien	-390					
			Lochkovien	-410					
	Silurien	Supérieur	Pridolien	-415					
			Ludfordien	-425					
			Gorstien	-430					
		Inférieur	Homerien	-435					
			Scheinwoodien	-445					
			Telychien	-455					
Précambrien	Protérozoïque	Supérieur	Aeronien	-435					
			Rhuddanien	-445					
	Ordovicien	Supérieur	Ashgillien	-435					
			Caradocien	-445					
		Inférieur	Llanabryen	-455					
			Llanvirnien	-470					
			Arénigien	-485					
			Trémadocien	-500					
		Supérieur	Trempealéouien	-530					
			Franconien	-540					
		Moyen	Dresbachien	-540					
			Mayaïen	-540					
		Inférieur	Amgaïen	-540					
			Lénien	-540					
	Archéen	Sup. Icartien	Atdabatien	-530					
			Tommotien	-540					
		Moyen	Nemakit-Daldynien	-540					
				-540					
	Hadéen	Inférieur		-1000					
				-2500					
		Moyen		-2900					
				-3500					
		Sup. Icartien		-3800					
				-4560					

PARTIE 2 : Analyse des données structurales avec projection stéréographique (1 heure)

Définitions

Ligne de Charnière ou axe de pli: ligne qui joint les points de courbure maximale sur une surface plissée. L'orientation de l'axe du pli est définie comme le plongement axial.

La surface axiale est la surface bissectrice du dièdre formé par les flancs et qui passe par l'axe. Pour plusieurs surfaces déformées par un même pli, la surface axiale est la surface qui contient tous les axes. L'intersection de cette surface axiale avec un plan, par exemple la surface topographique ou un profil vertical, correspond à la **trace axiale** (axial trace).



Le plan de profil (profile plane) représente le plan de la vraie coupe à 90° de l'axe.

Pour définir l'orientation d'un pli il faut trouver l'orientation :

- (a) de l'axe de pli : Azimut (000° - 360°) et plongement (0 - 90°)
- (b) du plan axial (surface axiale) : direction (000 - 180°) et pendage (0 - 90°)

Vous pouvez mesurer les axes et les plans axiaux des plis primaires et/ou secondaires sur le terrain ou les trouver avec l'aide de la projection stéréographique.

Comment trouver l'orientation d'un axe de pli sur une projection stéréographique?

Deux méthodes :

- (a) Diagramme Beta. Ploter un grand cercle (GC) pour chaque mesure de litage (Fig. 2a).

Idéalement, tous les grands cercles vont se entrecroiser à un point comme sur la figure 2a (si le pli est parfaitement cylindrique). En réalité, les GCs génèrent un nuage de points d'intersection. Le moyen de tous ces points d'intersection représente l'axe de pli (axe beta, Beta axis, Fig. 2a). Lire son azimut et son plongement. Cette méthode est utile quand on a que quelques mesures. Autrement, nous utilisons la deuxième méthode pour trouver l'axe Pi.

- (b) Diagramme Pi (Fig. 2b). Ploter sur stéréo (type Schmidt) les pols du litage mesurés autour d'un ou plusieurs plis. Idéalement (si le pli est parfaitement cylindrique), les pols tombent sur un grand cercle qui représente le plan de profil (Fig. 1). En réalité, vous devez dessiner le GC

optimal ('fitted GC' en vert en Fig. 2b, cercle Pi). Le pol de ce grand cercle représente l'axe du pli (Axe Pi, Pi axis). Lire son azimut et son plongement.

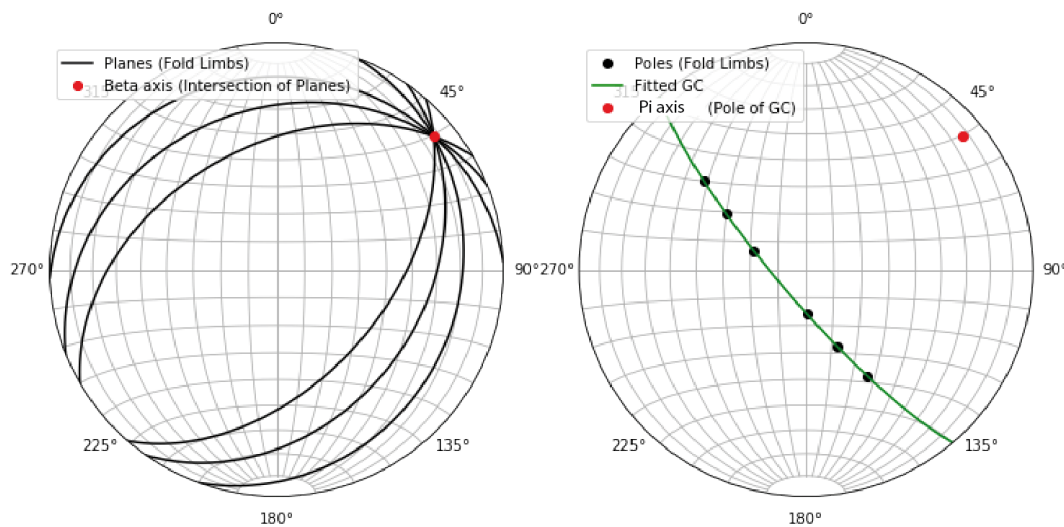


Figure 2. (a) Un diagramme Beta sur une projection stéréographique type Lambert. Les grands cercles représentent l'orientation des couches plissées. Dans ce cas idéale tout les GCs entrecroisent à un seul point qui représente l'orientation de l'axe de pli (Beta Axis). (b) Un diagramme Pi sur une projection stéréographique type Schmidt. Les points noirs représentent les pôles des couches plissées. Dans ce cas idéale ces pôles se trouvent sur un seul GC qui est le plan de profil (Fig. 1). Le pol de ce GC représente l'orientation de l'axe de pli (Pi Axis).

Comment trouver l'orientation du plan axial avec la projection stéréographique ?

Les points essentiels (a) le plan axial contient toujours l'axe de pli. Donc sur le stéréo le grand cercle du plan axial doit toujours passer par le point qui représente l'axe de pli. (b) Le plan axial (ou surface axiale) est la bissectrice de l'angle entre les deux flancs du pli.

Selon les informations dont vous disposez, vous choisissez entre deux méthodes:

A. AVEC LA TRACE DU PLAN AXIAL vous estimez l'orientation de la trace du plan axial sur la carte (le relief doit être assez plat). Représentez cette direction comme un point sur l'extérieur du Projection stéréo (Axial trace sur Fig. 3a). Le plan axial est le GC passant par ce point et l'axe de pli.

B. AVEC BISSECTRICE DE L'ANGLE ENTRE LES DEUX FLANCS: Quand vous avez assez de données pour identifier le pol moyen des deux flancs de pli, mesurez l'angle entre ces deux pôles et identifiez la bissectrice de cet angle (Bisector sur Fig. 3b). Ce point doit tomber sur le GC du plan de profil (il faut choisir le bon des deux bissectrices!). Le plan axial est le GC passant par ce point et l'axe de pli.

La surface axiale (plan axial) d'un pli permet de définir un sens de déversement ou vergence qui est d'autant plus net que la surface axiale est plus proche de l'horizontale (Figure 4).

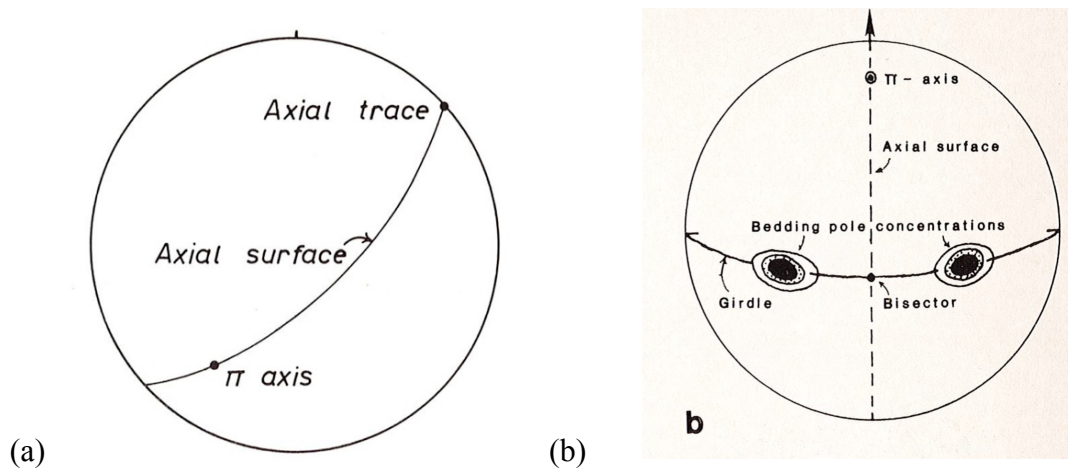


Figure 3. Deux méthodes pour trouver l'orientation du plan axial. (a) Tracer le grand cercle passant par le point représentant l'orientation de la trace du plan axial (axial trace; mesurée en carte) et l'axe de pli (Pi axis). (b) Tracer le grand cercle passant par le point représentant la bissectrice de l'angle entre des deux flancs de pli (bisector) et l'axe de pli (Pi axis).

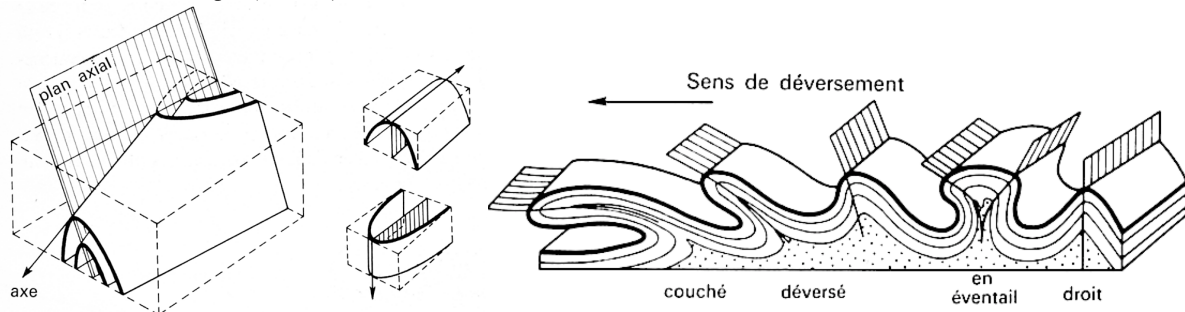


Figure 4. Bloc diagramme illustrant les relations entre pli, plan axial et axe. A droite exemples de plis à axe horizontal et vertical. (b) Géométrie de différents types de plis avec allure du plan axial correspondant. Le sens de déversement indique en règle générale la vergence du pli et le sens de transport tectonique.

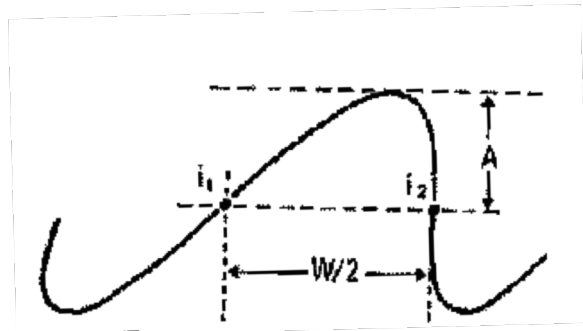
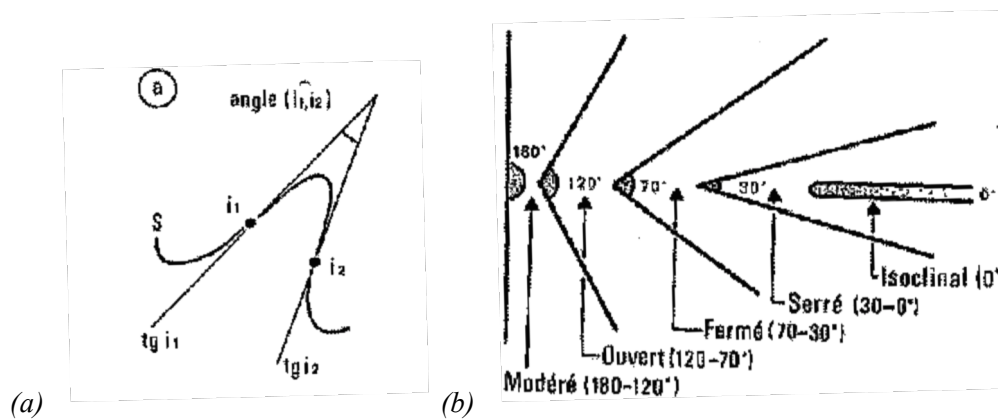


Figure 5. a. Angle d'un pli (angle des tangentes aux points d'inflexion i_1 et i_2). (b) termes utilisés pour décrire les plis par leur angle. (c) Amplitude (A) et demi-longueur d'onde (W/2) d'un pli. i_1 et i_2 sont les points d'inflexion.

Quelle est la relation entre schistosité et pli?

Sous un champ de contrainte compressive (par exemple, pendant l'orogénèse) les séries sédimentaires vont subir un raccourcissement typiquement par plissement. Sous les conditions au delà de sous-schiste vert ($>180^{\circ}\text{C}$ approx), une schistosité peut aussi développer en association étroite avec le plissement. L'orientation moyenne de la schistosité représente typiquement celle du plan axial des plis même si les plans de schistosité peuvent exprimer un éventail autour d'un pli (Fig. 6). L'orientation moyenne de la schistosité représente aussi le plan XY de l'ellipsoïde de déformation. En plus, la linéation d'intersection entre la schistosité et les couches autour d'un pli est généralement parallèle à l'axe de pli. Donc cette linéation d'intersection et la schistosité elle-même, nous offrent des informations précieuses sur l'orientation des plis.

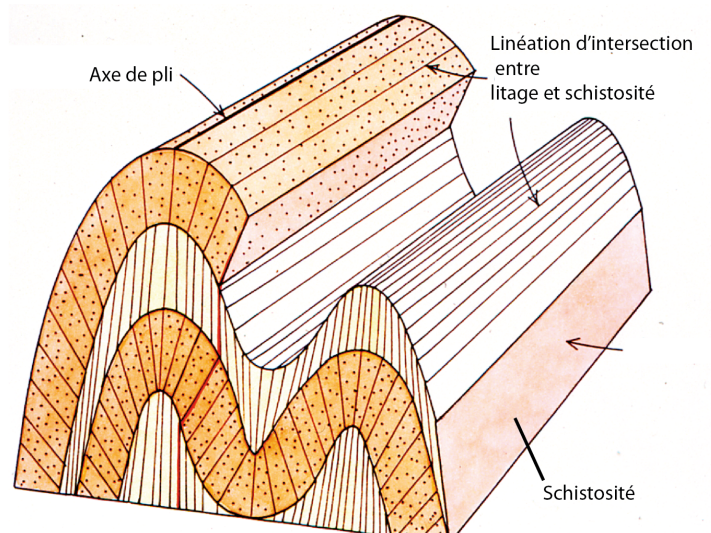


Figure 6. Schéma représentant la relation entre un système de pli et sa schistosité (Ramsay 1967).

EXERCICE 3 : ANALYSE DES PLIS SUR PROJECTION STÉROGRAPHIQUE

Notez que la série briovérienne est plissée et porte une schistosité. Notez aussi que la série paléozoïque est également plissée avec schistosité. Vous avez fait le terrain dans le secteur et vous avez ramassé les données d'orientation des couches sédimentaires, de la schistosité et aussi des plis secondaires dans les deux séries.

Série briovérienne

S0 : 088/80N, 075/70S, 090/85S, 080/75N, 060/35N, 082/50S, 065/80S, 074/75N, 092/80N

S1: 080/75S, 092/80S, 097/70N, 080/75S, 090/70N, 085/70N

Axes des plis secondaires : 15-080, 24-065, 10-086, 30-267, 10-250

Série paléozoïque

S0 : 110/25N, 105/30N, 026/20NW, 094/45N, 100/60S, 105/80S, 102/52S, 010/35W

S1 : 096/70N, 098/70N, 110/80N, 108/70N, 102/90, 095/55N

Linéation d'intersection entre schistosité et litage : 05-110, 10-095, 07-116, 12-097

Utilisant la projection stéréographique et les méthodes présentées dans ce document, vous allez analyser des données structurales. Vous pouvez travailler en binôme pour faire ces stéréos.

Trouvez pour chaque série

- (a) l'orientation de l'axe de pli. Commentez sur le lien entre votre résultat et les axes de pli secondaires ou les linéations d'intersection schisto/litage.
- (b) l'orientation du plan axial. Commentez sur le lien entre la schistosité et le plan axial que vous avez trouvé. Identifiez la géométrie de pli et le sens de déversement, si possible (Fig. 4).
- (c) l'angle d'ouverture = angle entre les deux flancs (Fig. 5a et b).

EXERCICE 4 : SYNTHÈSE DES STRUCTURES ET COUPE À MAIN LÉVÉE (30 minutes)

4.1 Faites une coupe N-S à main levée au milieu de la carte pour représenter les éléments essentiels de la région. La série paléozoïque a une épaisseur entre 1500 m et 2000 m.

4.2 Décrivez le style de déformation des deux grandes séries. Identifiez le style de plissement de la série briovérienne et de la série paléozoïque. Quelle est l'orientation, la taille des plis (longueur d'onde, amplitude, Fig. 5c), l'angle (stéréos; fig. 5a b), déversement (plan axial, Fig. 4b), etc.

EXERCICE 5: Écrire une histoire géologique pour le secteur (30 minutes)

Intégrer toutes les informations que vous avez acquises pour proposer une histoire géologique pour le secteur Condé sur Noireau. Un page A4 écrit avec schémas.

LAMBERT EQUAL-AREA PROJECTION

