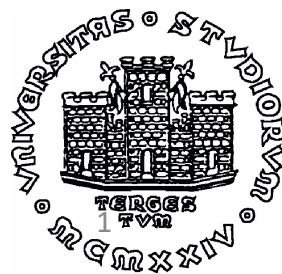


GEOLOGIA 2 E PRINCIPI DI RILEVAMENTO GEOLOGICO - SECONDA PARTE -

DOCENTI:
GIAN ANDREA PINI
LORENZO BONINI



LEZIONE 5

- **Principali applicazioni della Proiezione Stereografica**

Piani passanti per una retta r

Rette giacenti in un piano

Inclinazione vera di un piano e di una retta

Misura di angoli

Inclinazioni apparenti

Faglie, strutture associate e campo di stress – Relazioni geometriche e cinematiche

Ricerca della cerniera di una piega nota la lineazione

Rotazioni

Proiezioni di superfici curve

Piani passanti per una retta r

Come è noto, per una retta passa un fascio di piani. Sia P il punto che rappresenta la proiezione stereografica (polo) di r . Si danno i casi seguenti:

- 1) r vertical: i piani sono tutti verticali (vedi fig. 7);
- 2) r orizzontale (ad esempio con direzione N-S). I piani hanno tutti direzione N-S, immersione verso E oppure verso W e inclinazioni variabili tra 0° e 90° (fig. 8);
- 3) r inclinata (ad esempio con immersione S20°E, incl. 10°). I piani hanno inclinazione variabile tra 10° (piano π'') e 90° (piano π') (fig. 9).

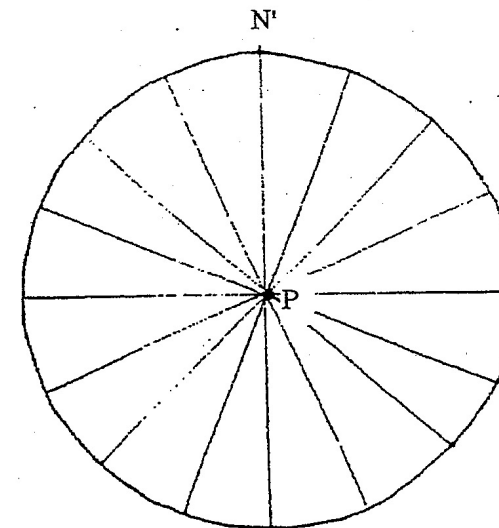


Fig. 7

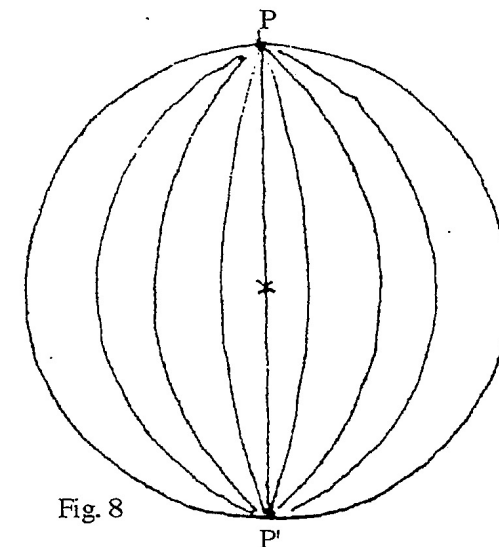
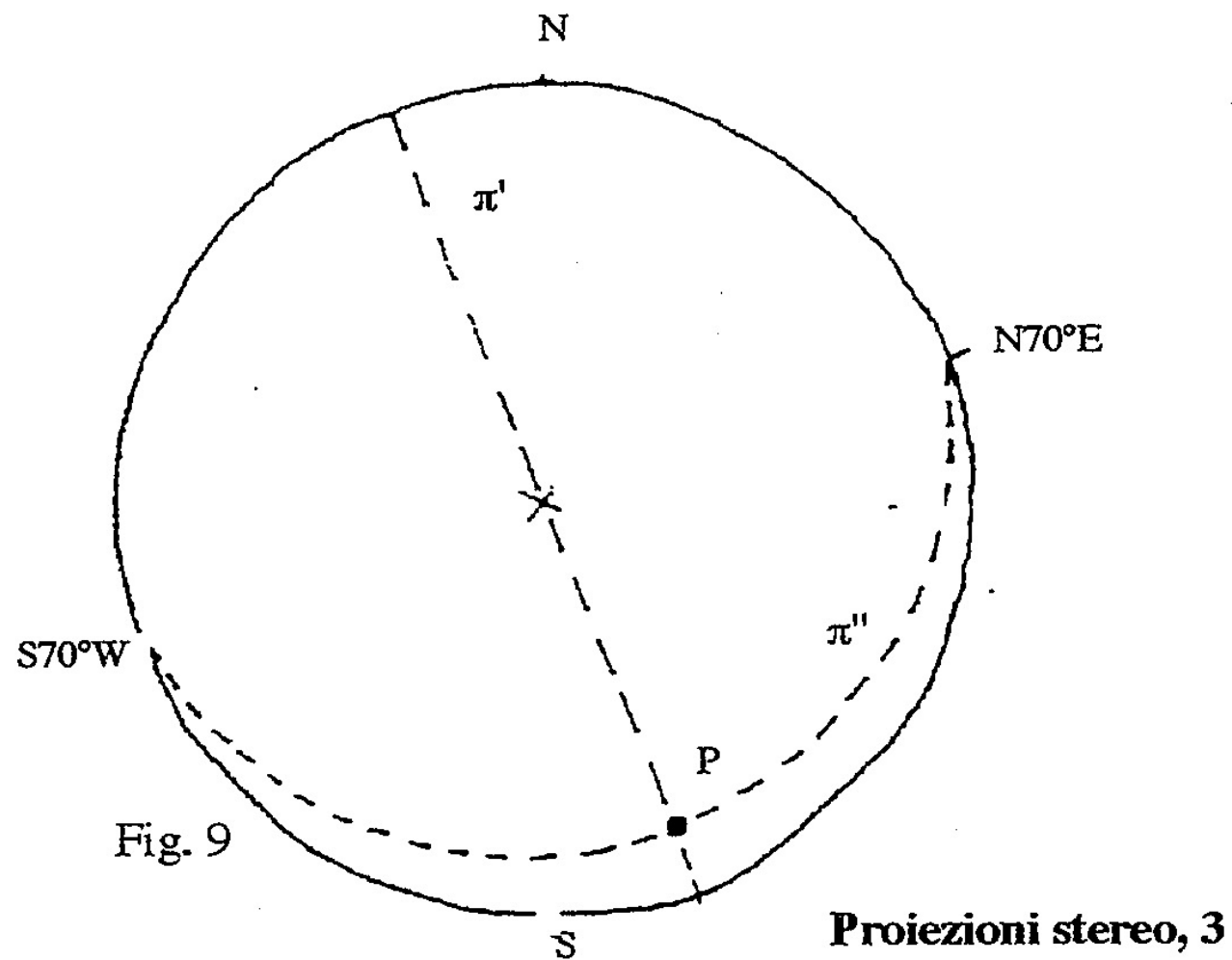


Fig. 8

Piani passanti per una retta r



Rette giacenti in un piano π

Come già sappiamo, una retta r non verticale appartiene a infiniti piani aventi inclinazione variabile (ovvero essa rappresenta l'asse di un fascio di piani). La retta forma con l'orizzontale (cioè con la direzione) di ciascuno dei detti piani un angolo α acuto variabile (**pitch**); il valore minimo di α si trova nel piano verticale che contiene r ed è chiamato **plunge** della retta (fig. 10).

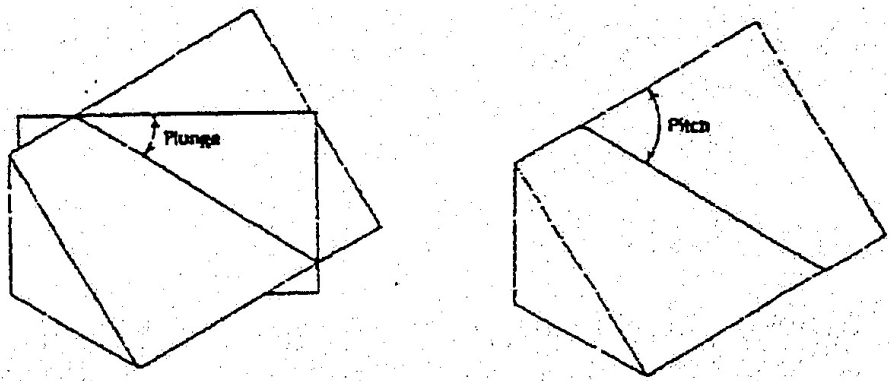
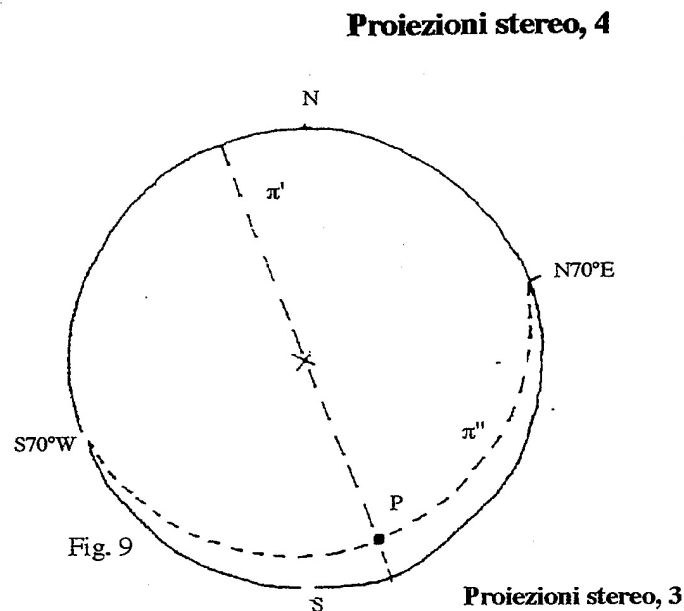


Fig. 10 - Plunge is measured in the vertical plane containing the line. Pitch is measured in the inclined plane containing the line

In base alla definizione di pitch, si vede che il suo valore massimo è di 90° e si trova nel piano di cui r rappresenta la retta di massima pendenza (cioè l'immersione). Così ad esempio, il pitch della retta rappresentata dal polo P in figura 9 è massimo ($=90^\circ$) nel piano π'' ed è minimo ($10^\circ = \text{plunge}$) nel piano π' .



Rette giacenti in un piano π

Data la traccia ciclografica di un piano π (ad esempio figura 11, un piano immergente a S56°E con inclinazione di 40°), tutti i punti che giacciono su di essa rappresentano le proiezioni (cioè i poli) di tutte le rette che appartengono a π .

In particolare, i punti B e B' sono la proiezione dell'orizzontale di π (quindi rappresentano la direzione del piano). Il punto A, che si trova a 90° da B rappresenta la proiezione della retta di massima pendenza (immersione) di π . Il punto X rappresenta una retta il cui pitch è 50° e il cui plunge è 30°

NOTA BENE. Per identificare completamente la giacitura della retta di cui X è il polo (giacitura che, nel presente caso è 74°N, 30°) occorre:

- 1- fornire la giacitura del piano sul quale è stato misurato il pitch;
- 2 – fornire la direzione verso la quale la retta si abbassa.

Solo in tal modo il polo della retta è individuato e quindi la giacitura della retta stessa è definibile con precisione. Nel caso considerato esistono nel piano π due rette con pitch di 50°: una si abbassa verso NE e l'altra verso SW. Per individuare quella considerata occorre scrivere: pitch = 50°, NE.

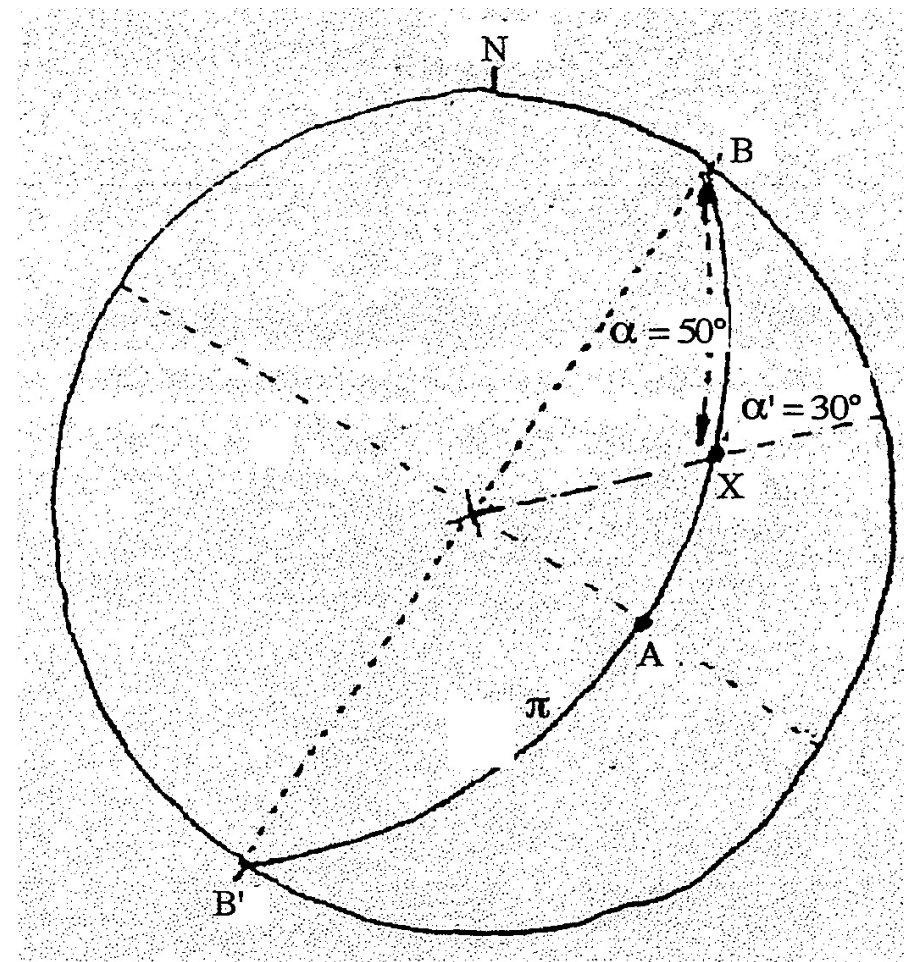


Fig. 11

Inclinazione vera di una retta

Data una retta r inclinata, per essa passano infiniti piani, su ciascuno dei quali essa ha un pitch. Tra i vari piani vi è quello verticale e con l'orizzontale di quest'ultimo la retta forma il pitch. Tra i vari piani vi è quello verticale e con l'orizzontale di quest'ultimo la retta forma il pitch minimo, detto plunge, o inclinazione vera della retta.

Invece il pitch massimo (90°) si trova nel piano di cui la retta r è l'immersione.

In altri termini, l'inclinazione vera di una retta è quella misurata nel piano verticale che la contiene, ed è la minima possibile.

Se invece prendiamo in considerazione l'inclinazione vera di un piano π , osserviamo che anch'essa si misura in un piano verticale; ma tra gli infiniti piani verticali si sceglie quello ortogonale alla direzione del piano π e l'inclinazione che vi si misura è la massima possibile.

Si deduce la seguente regola generale.

- L'inclinazione vera si misura sempre in piani verticali e corrisponde sempre all'angolo formato tra una retta inclinata e l'orizzontale del piano verticale che la contiene;
- Nel caso della retta r (ovviamente non verticale) esiste un solo possibile piano verticale ed il valore dell'inclinazione che si ottiene è il minimo;
- Un piano π è invece intersecato da infiniti piani verticali; tra questi si sceglie quello normale alla direzione di π e l'inclinazione che vi si misura è la massima possibile.

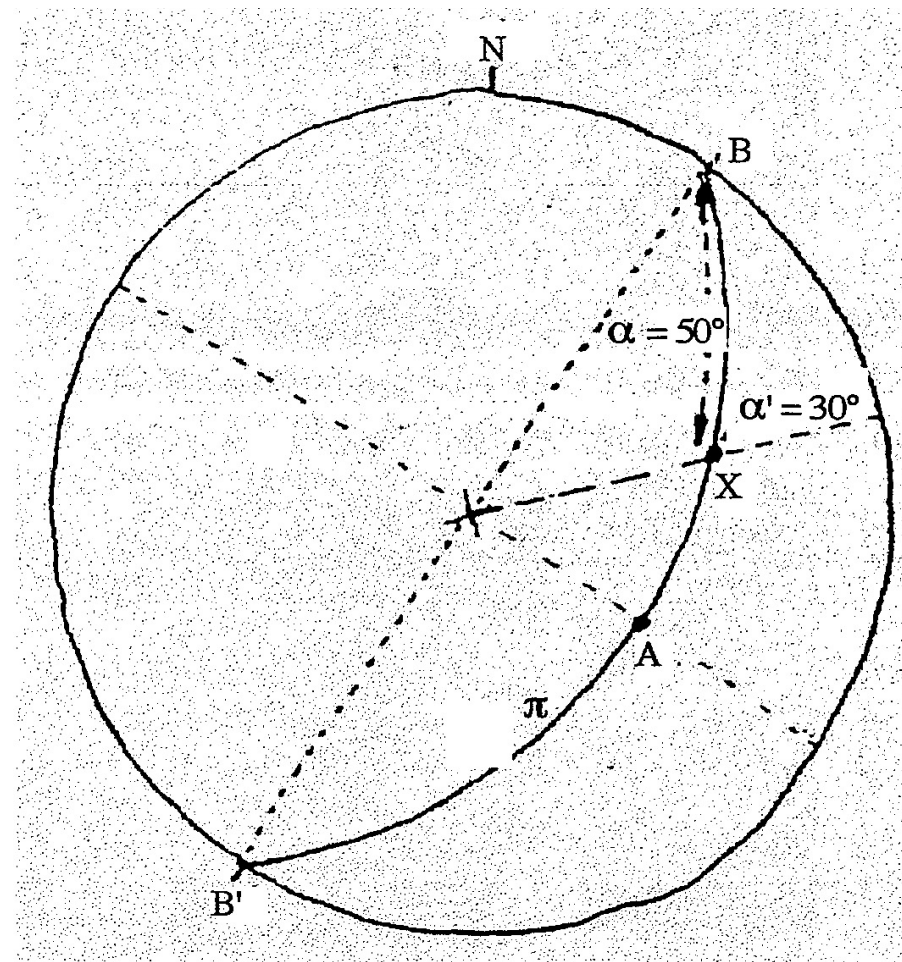


Fig. 11

Misura di angoli

NOTA - Due piani oppure due rette che si intersechino e non siano ortogonali formano tra loro due coppie di angoli uguali ed opposti: una coppia di angoli acuti ed una di angoli ottusi. Ove non diversamente precisato, il termine “angolo” è sempre riferito all’ampiezza di quello acuto.

Per comprendere pienamente quanto segue è opportuno richiamare dapprima la differenza tra *giacitura* e *posizione nello spazio* di una retta o di un piano.

Giacitura di una retta o di un piano

Com’è noto, per la retta si danno i tre casi seguenti:

- 1) *retta verticale*: la giacitura è definita dalla sola *inclinazione* (pari a 90°);
- 2) *retta orizzontale*: la giacitura è definita dall’*inclinazione* (pari a 0°) e dalla *direzione* (orientamento della retta rispetto ai punti cardinali);
- 3) *retta inclinata*: la giacitura è definita dall’*inclinazione* della retta rispetto al piano orizzontale (misurata nel piano verticale che contiene la retta stessa), e dall’*immersione* (punto dell’orizzonte verso il quale la retta si abbassa).

Pertanto, la *giacitura* fornisce l’orientamento di tutte le rette parallele fra loro (tutte le rette verticali hanno la stessa giacitura; tutte le rette orizzontali aventi direzione E-W hanno la stessa giacitura; tutte le rette inclinate di 30° ed immergenti verso N hanno la stessa giacitura, ecc.).

Anche per il piano si danno tre casi:

- 1) *piano orizzontale*: la giacitura è definita dalla sola *inclinazione* (pari a 0°);
- 2) *piano verticale*: la giacitura è definita dall’*inclinazione* (pari a 90°) e dalla *direzione* (orientamento rispetto ai punti cardinali della retta di intersezione tra il piano dato ed il piano orizzontale);
- 3) *piano inclinato*: la giacitura è definita dall’*inclinazione* del piano rispetto al piano orizzontale (misurata nel piano verticale ortogonale alla direzione del piano dato) e dall’*immersione* (punto dell’orizzonte verso il quale si abbassa la retta di massima pendenza del piano).

Pertanto, la *giacitura* fornisce l’orientamento di tutti i piani paralleli fra loro (tutti i piani orizzontali hanno la stessa giacitura; tutti i piani verticali aventi direzione E-W hanno la stessa giacitura; tutti i piani inclinati di 30° ed immergenti verso N hanno la stessa giacitura, ecc.).

Posizione nello spazio di una retta o di un piano

Se però vogliamo identificare compiutamente la posizione nello spazio di una determinata retta o di un determinato piano, *oltre alla giacitura* occorre anche precisare la posizione di un loro punto rispetto ad un particolare sistema di riferimento (ad esempio, latitudine, longitudine, quota).

Misura di angoli

2.4.1. Angolo tra due piani

Ciò premesso, si tenga presente che, ove non altrimenti precisato, per angolo tra due piani si intende quello che viene misurato nel piano ortogonale alla loro retta di intersezione.

Esempio (fig. 11/1) - Dati due piani π ($70^\circ, 30^\circ$) e π' ($120^\circ, 50^\circ$), per trovare l'angolo che essi formano se ne cerca la retta di intersezione (punto nel quale si incontrano le due tracce ciclografiche) e si costruisce la traccia ciclografica del piano π'' di cui tale retta è il polo. Si trovano quindi i poli delle due rette di intersezione di π'' con π e π' . La distanza angolare tra questi due punti, misurata sulla ciclografica di π'' , rappresenta l'ampiezza dell'angolo cercato (38°).

2.4.2. Angolo tra due rette

Per misurare l'angolo tra due rette occorre identificare il piano che le contiene. Se si tratta di due rette aventi una ben definita posizione nello spazio, è possibile (addirittura probabile) che esse non appartengano allo stesso piano e pertanto il problema non è risolvibile con la proiezione stereografica; ma se si tratta (come per lo più accade in geologia strutturale) semplicemente di due giaciture, esiste sempre un piano (ed uno solo) la cui giacitura è tale da contenerle.

Con questa precisazione, il problema di trovare l'angolo formato da due rette di cui sia nota la giacitura diviene di soluzione immediata: è infatti sufficiente proiettare i poli delle due rette e cercare per tentativi la traccia ciclografica del piano che le contiene. L'angolo tra le due rette viene misurato su tale ciclografica.

Esempi:

- L'ampiezza dell'angolo che una retta r ($340^\circ, 48^\circ$) forma con la direzione di un piano π ($310^\circ, 20^\circ$) è pari a 70° (fig. 11/2).
- Nel piano π ($270^\circ, 40^\circ$) giace una retta r avente pitch di 20° verso S. L'angolo che r forma con la retta r' ($140^\circ, 20^\circ$) è pari a 53° (fig. 11/3).

Angoli tra due punti

Ciò premesso, si tenga presente che, ove non altrimenti precisato, per angolo tra due piani si intende quello che viene misurato nel piano ortogonale alla loro retta di intersezione.

Esempio (fig. 11/1) - Dati due piani π ($70^\circ, 30^\circ$) e π' ($120^\circ, 50^\circ$), per trovare l'angolo che essi formano se ne cerca la retta di intersezione (punto nel quale si incontrano le due tracce ciclografiche) e si costruisce la traccia ciclografica del piano π'' di cui tale retta è il polo. Si trovano quindi i poli delle due rette di intersezione di π'' con π e π' . La distanza angolare tra questi due punti, misurata sulla ciclografica di π'' , rappresenta l'ampiezza dell'angolo cercato (38°).

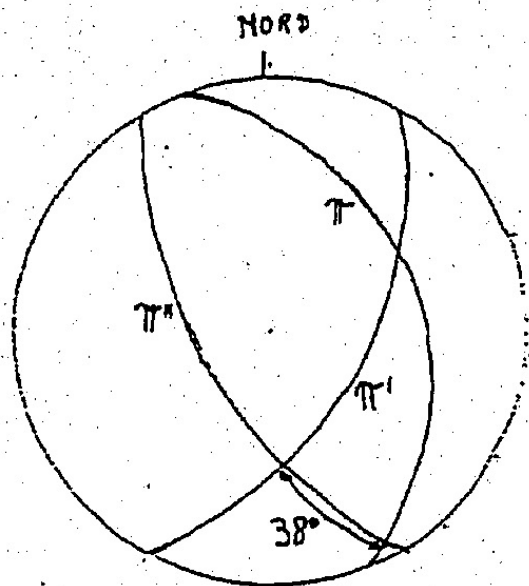


Fig. 11/1

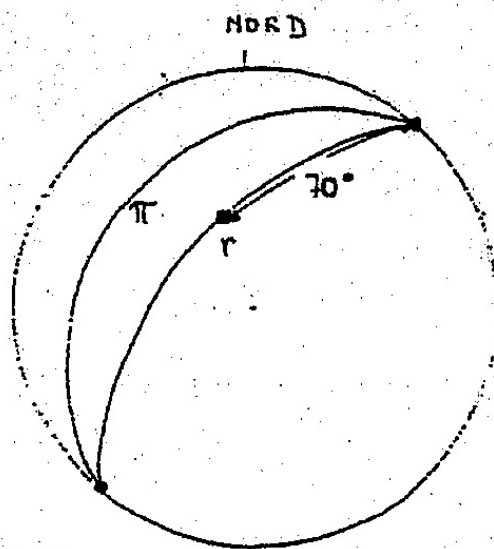


Fig. 11/2

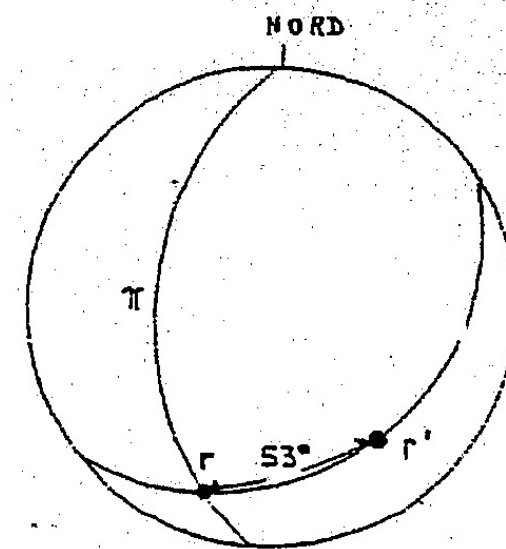


Fig. 11/3

Angoli tra due rette

Per misurare l'angolo tra due rette occorre identificare il piano che le contiene. Se si tratta di due rette aventi una ben definita posizione nello spazio, è possibile (addirittura probabile) che esse non appartengano allo stesso piano e pertanto il problema non è risolvibile con la proiezione stereografica; ma se si tratta (come per lo più accade in geologia strutturale) semplicemente di due giaciture, esiste sempre un piano (ed uno solo) la cui giacitura è tale da contenerle.

Con questa precisazione, il problema di trovare l'angolo formato da due rette di cui sia nota la giacitura diviene di soluzione immediata: è infatti sufficiente proiettare i poli delle due rette e cercare per tentativi la traccia ciclografica del piano che le contiene. L'angolo tra le due rette viene misurato su tale ciclografica.

Esempi:

- L'ampiezza dell'angolo che una retta r ($340^\circ, 48^\circ$) forma con la direzione di un piano π ($310^\circ, 20^\circ$) è pari a 70° (fig. 11/2).
- Nel piano π ($270^\circ, 40^\circ$) giace una retta r avente pitch di 20° verso S. L'angolo che r forma con la retta r' ($140^\circ, 20^\circ$) è pari a 53° (fig. 11/3).

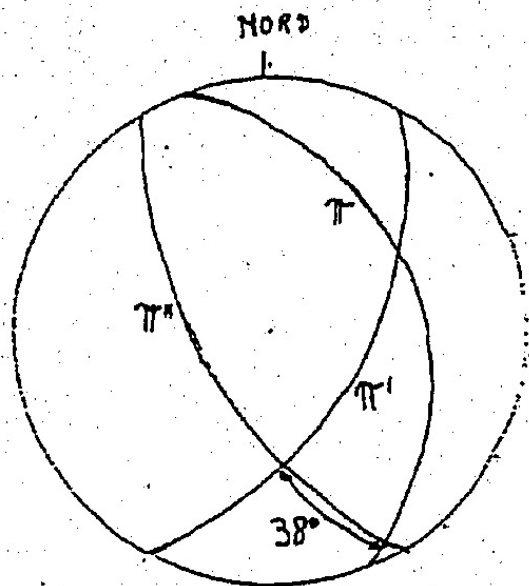


Fig. 11/1

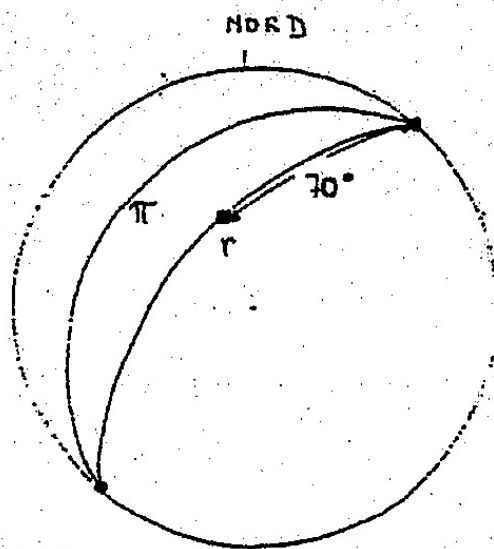


Fig. 11/2

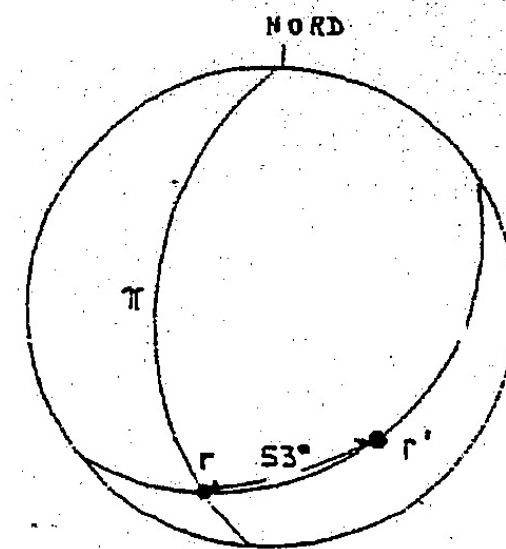


Fig. 11/3

Angoli tra una retta ed un piano

Come visto in tutti i casi precedenti, l'ampiezza di un angolo viene misurata lungo la ciclografica di un piano ed è rappresentata dalla distanza angolare tra *due rette* giacenti su quel piano.

Perciò, non è corretto parlare di “angolo tra una *retta* r ed un *piano* π ”, ma si deve piuttosto parlare di “angolo tra una *retta* r ed una data *retta* r' giacente nel piano π ”.

In generale, quando si allude all’“angolo tra una *retta* r ed un *piano* π ”, si pensa in realtà all’*inclinazione* della *retta* r sul piano π .

Nel caso più semplice, il piano π è orizzontale, e l'angolo che r forma con π corrisponde al valore definito come “inclinazione di r ”. Come sopra ricordato, questo valore si misura nel piano verticale contenente r , e l'operazione è così consueta che non si pone mente al procedimento che essa sottintende. Ma, per comprendere come tale procedimento possa essere generalizzato, è bene analizzarlo in dettaglio (fig. 11/4).

Tra tutti i piani verticali (*cioè tra tutti i piani ortogonali al piano π , orizzontale*) si sceglie quello che contiene la *retta* r (piano che chiameremo π'); l'inclinazione di r su π è data dalla distanza angolare (misurata nel piano π' e quindi, in proiezione stereo, lungo la sua ciclografica) tra la stessa *retta* r e la *retta* (r') di intersezione tra i piani π e π' .

Generalizzando ora questo procedimento, possiamo assumere che per angolo formato tra una data *retta* r ed un generico piano π non orizzontale si debba intendere l'inclinazione di r su π . Tale inclinazione dovrà essere misurata nel piano π' passante per r ed ortogonale a π , e sarà data dalla distanza angolare (rilevata lungo la ciclografica di π') tra r e la *retta* r' di intersezione tra π e π' .

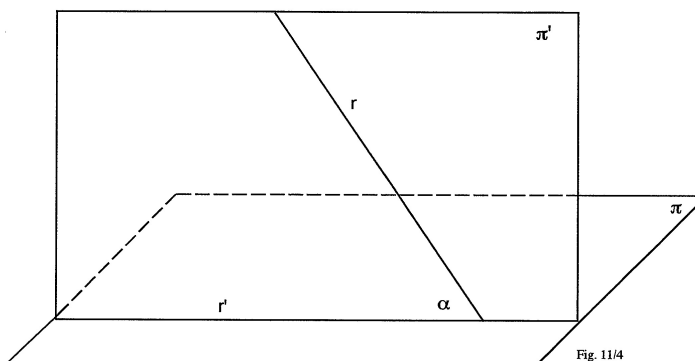


Fig. 11/4

Angoli tra una retta ed un piano

Esempi

- Trovare l'inclinazione di r (38° , 43°) su π (80° , 20°).

Si proiettano il polo di r e la traccia ciclografica di π . Si cerca quindi il polo p della retta ortogonale al piano π . Successivamente si trova, per tentativi, la ciclografica del piano π' contenente r e p . La distanza angolare (misurata sulla ciclografica del piano π') tra la retta r e la retta r' (intersezione tra i piani π e π') è pari a 27° . E' questa l'inclinazione di r su π (fig. 11/5).

- Trovare l'inclinazione di r (120° , 30°) sul piano verticale π avente direzione N-S.

Con procedimento analogo a quello dell'esempio precedente si trova il valore di 50° (fig. 11/6).

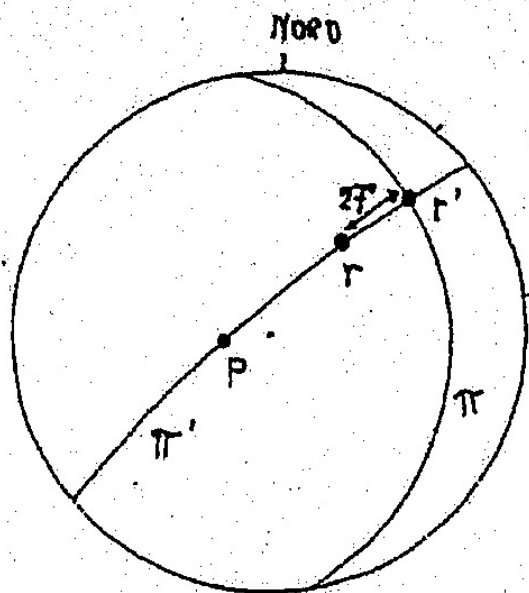


Fig. 11/5

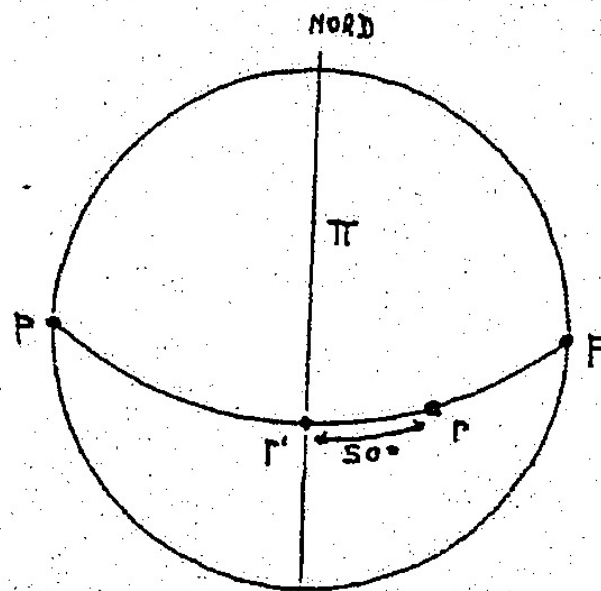


Fig. 11/6

Inclinazioni apparenti

Problema 1 (fig. 12) - Dato un piano π (imm. S40°E, incl. 50°), trovare la sua inclinazione apparente nel piano verticale π' , avente direzione N80°E.

Metodo - Il problema si risolve cercando la retta r di intersezione dei due piani (P è il polo di tale retta) e misurando il suo pitch nel piano π' .

Risposta - Il piano π ha un'inclinazione apparente di 42° sul piano π' . (Si noti che l'inclinazione vera della retta r è pari a 31°).

Problema 2 - Trovare l'inclinazione vera di una faglia immergente a S30°E, che ha nel piano verticale a direzione E-W una inclinazione apparente di 10° (*Risposta*: 20°).

Problema 3 (figg. 13 e 14) - Note due immersioni e inclinazioni apparenti ($r =$ imm. N56°W, incl. 28°; $r' =$ imm. N14°E, incl. 22°) di un piano π , trovare la giacitura (immersione e inclinazione vere) di quest'ultimo.

Metodo - Le due rette rappresentano le intersezioni di π con due piani verticali aventi per direzione rispettivamente N56°W e N14°E. Esse appartengono dunque al piano π .

Procedimento - Si proiettano i poli P e P' delle due rette r ed r' e, ruotando il lucido, si cerca l'arco di cerchio meridiano che passa per tali punti: esso rappresenta la traccia ciclografica di π .

Risposta - La giacitura di π è: imm. N34°W, incl. 30°. (Si noti che r ed r' formano nel piano π un angolo di 63°).

Problema 4 (fig. 15) - Data una retta r (imm. S; incl. 60°), trovarne la perpendicolare giacente nel piano π (imm. S30°W; incl. 30°).

Metodo - Tutte le perpendicolari a r giacciono nel piano π' , perpendicolare a r . Perciò il polo P della retta r è anche il polo di π' .

Procedimento - Si proiettano il polo (P) di r , la ciclografica di π e quella di π' : l'intersezione P' delle due ciclografiche è la proiezione (polo) della retta cercata.

Risposta - La retta cercata ha imm. N76°W e incl. 10°.

Inclinazioni apparenti

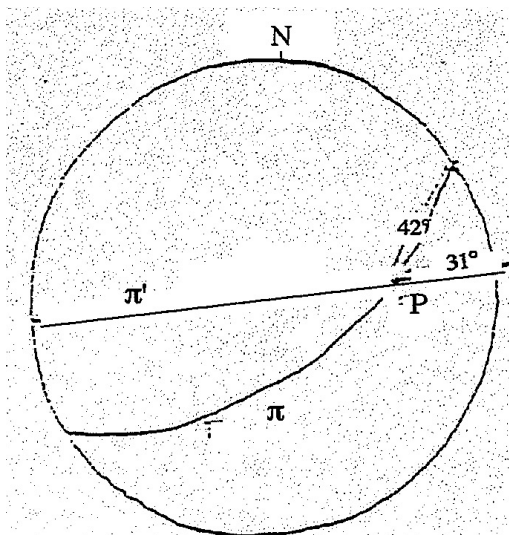


Fig. 12

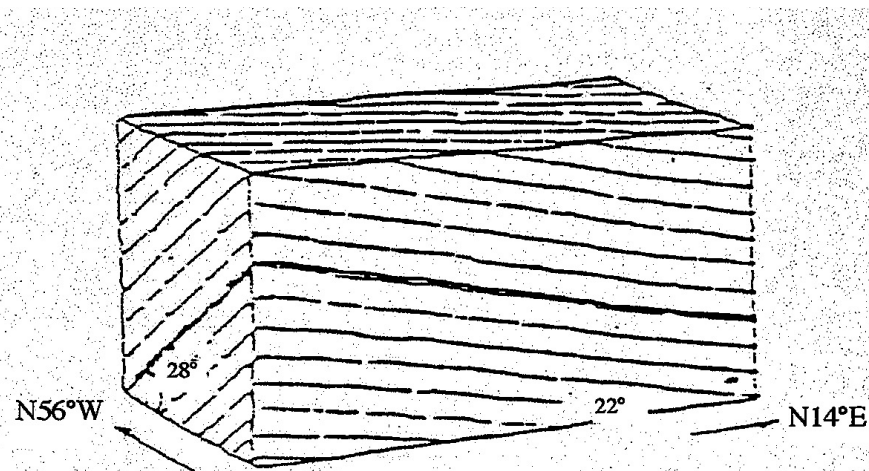


Fig. 13

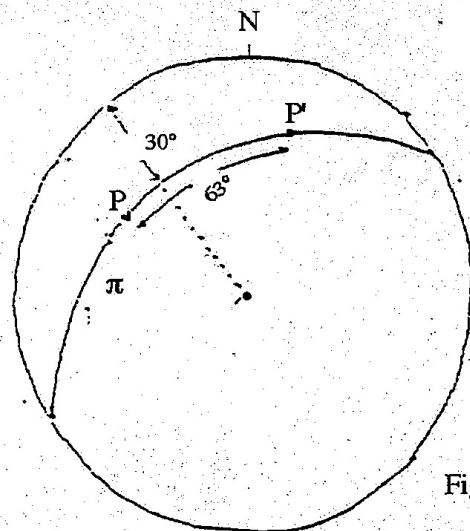


Fig. 14

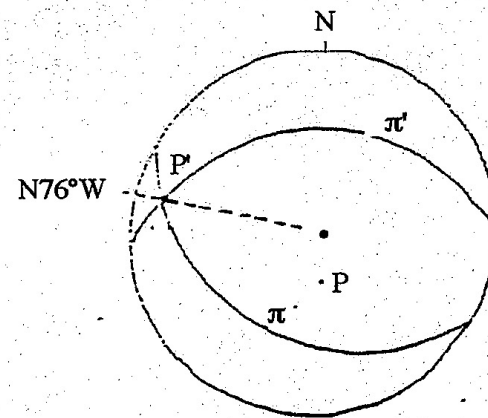


Fig. 15

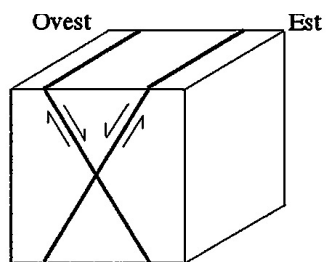
Faglie, strutture associate e campo di stress

2.6.1. Premessa

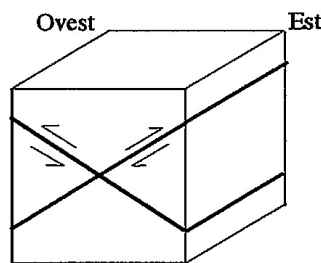
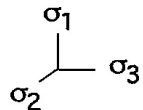
Tenendo presente il modello di Anderson, dati due sistemi coniugati di faglie esistono sempre due diedri in compressione e due in estensione. Perciò, necessariamente, il movimento relativo sui due sistemi deve essere opposto, antiorario (cioè sinistro) su un sistema e orario (cioè destro) sull'altro sistema (v. fig. 16). L'affermazione è generale; essa vale non solo per i sistemi di faglie trascorrenti, ma anche per quelli di faglie normali e inverse: dati due sistemi di faglie normali (inverse), infatti, su entrambi il tetto si abbassa (si alza) rispetto al letto e perchè ciò sia possibile il movimento relativo desunto dalle frecce deve essere sinistro su un sistema e destro sull'altro.

Com'è noto, il modello di Anderson prevede che σ_1 sia bisettore dell'angolo 2α (generalmente $< 90^\circ$) formato dai diedri in compressione e che σ_2 coincida con l'intersezione dei due sistemi coniugati di faglie.

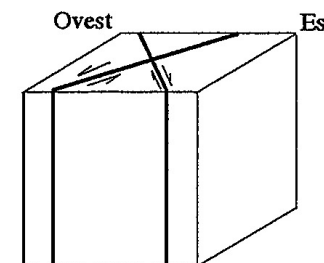
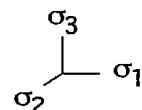
Fig. 16 - Modello di Anderson
Valido per deformazioni omogenee, irrotazionali



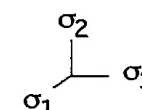
Faglie coniugate normali



Faglie coniugate inverse



Faglie coniugate trascorrenti



Faglie, strutture associate e campo di stress

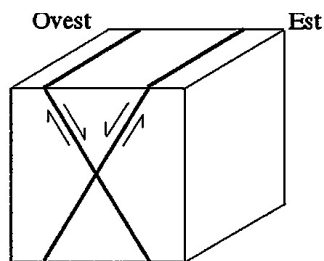
Dati i tre assi principali dello stress (σ_1 , σ_2 e σ_3), i quali -per definizione- sono ortogonali fra loro, definiamo "**canonici**" i casi in cui un asse è verticale (e pertanto gli altri due sono necessariamente orizzontali).

Si considerino (fig. 16, in basso) due faglie coniugate trascorrenti (ad es.: $F = \text{direz. N30}^\circ\text{W}$, incl. 90° ; $F' = \text{direz. N30}^\circ\text{E}$, incl. 90°). In questo caso il sistema è canonico, poichè un asse dell'ellissoide dello stress (σ_2) è verticale. Il piano che contiene σ_1 e σ_3 (cioè gli assi di massimo e minimo stress) è orizzontale e interseca ciascuna delle due faglie (figg. 17 e 18) secondo una linea che rappresenta la direzione lungo la quale avviene il movimento ("slip direction"), cioè la direzione delle strie, che ha dunque un pitch di 0° su entrambe le faglie. Il senso del movimento è destro lungo F e sinistro lungo F' , poichè la direzione di σ_1 (che biseca i due diedri in compressione) è N-S.

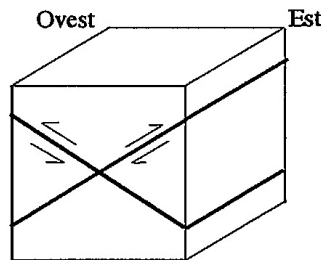
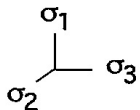
Analogamente, nel caso di due faglie coniugate normali (ad es.: $F = \text{imm. E}$, incl. 60° ; $F' = \text{imm. W}$, incl. 60°) il piano che contiene σ_1 e σ_3 è verticale (fig. 16 in alto e fig. 17); la slip direction è parallela all'immersione delle faglie (pitch di 90° su ciascuno dei due piani). Il senso del movimento è normale su entrambe le faglie (e, se si vuole, è al tempo stesso destro lungo F e sinistro lungo F').

Infine, nel caso (fig. 16 al centro e fig. 17) di faglie inverse (ad es.: $F1 = \text{imm. E}$, incl. 30° ; $F2 = \text{imm. W}$, incl. 30°) risulta che l'asse verticale è σ_3 e che il piano che contiene σ_1 e σ_3 è verticale, come nel caso precedente. Anche in questo caso la slip direction ha un pitch di 90° ma il senso di movimento è inverso (e, al tempo stesso, sinistro lungo $F1$ e destro lungo $F2$).

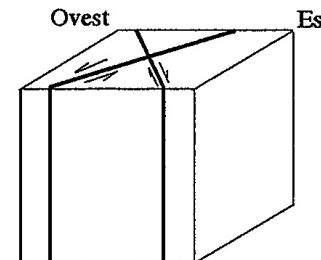
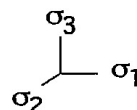
Fig. 16 - Modello di Anderson
Valido per deformazioni omogenee, irrotazionali



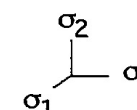
Faglie coniugate normali

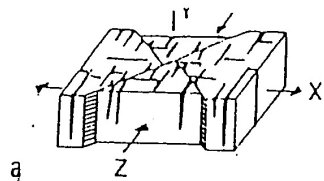


Faglie coniugate inverse



Faglie coniugate trascorrenti





	a	b (plans)	b (pôles)
Failles			
Stries			
Fractures d'extension			
Joints stylolithiques			

b

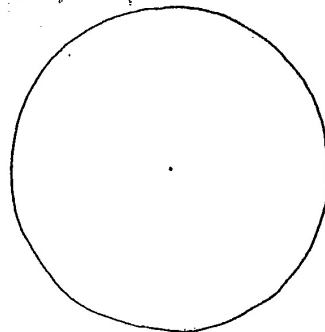


FIG. 2.17. — Système simple et idéal de fracturation par décrochements.

a : Vue en perspective.

b : Représentation de type Wulff

(Les demi-flèches indiquent le sens de décrochement, dextre ou sénestre).

Note

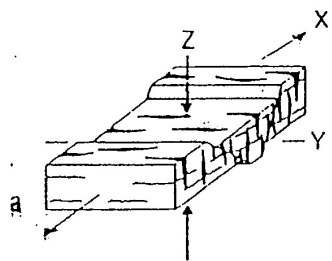
- Ellipsoïde dello strain

$\lambda_1 = X = \text{Max. estensione} = \text{minimo raccorciamento}$

$\lambda_2 = Y = \text{intermedio}$

$\lambda_3 = Z = \text{min. estensione} = \text{max. raccorciamento}$

- Per convenzione, l'alto è il centro di proiezione, il basso è il cerchio massimo



	a	b (plan)	b (pôles)
Failles			
Stries			
Fractures d'extension			
Joints stylolithiques			

b

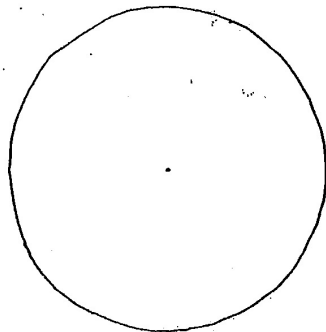
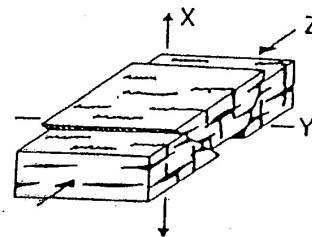


FIG. 2.19. — Système simple et idéal de fracturation par failles normales.

a : Vue en perspective.

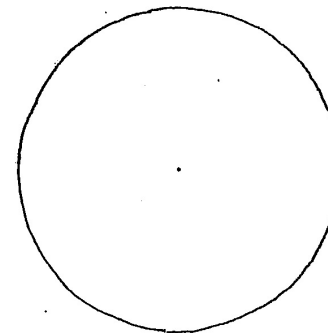
b : Représentation de type Wulff (projection de l'hémisphère inférieur).

(Les flèches des stries indiquent le sens de mouvement des compartiments supérieurs des failles)



	a	b (plan)	b (pôles)
Failles			
Stries			
Fractures d'extension			
Joints stylolithiques			

b



Parzialmente riveduto da

Stava 7 15
Foglio 2

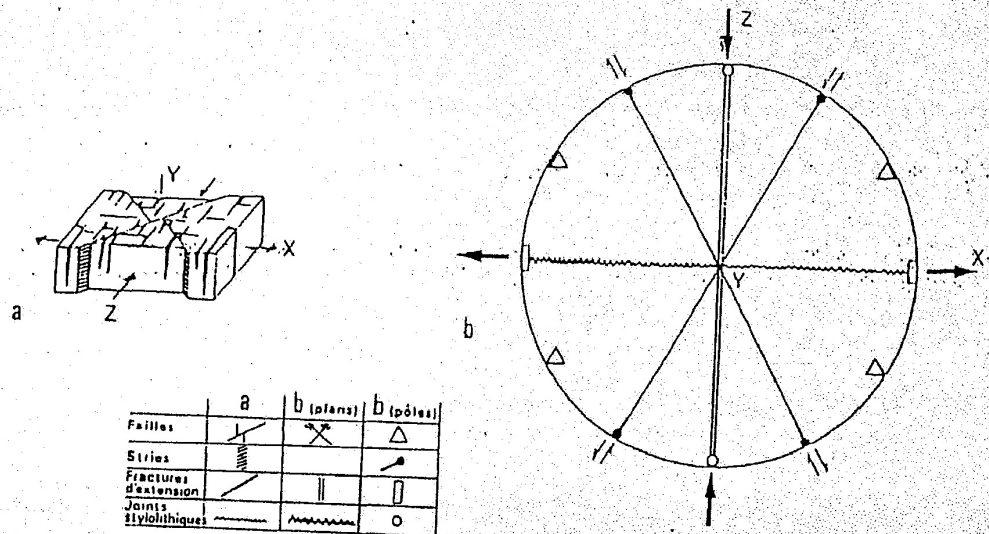


Fig. 17. I tre principali sistemi coniugati di faglie secondo il modello di Anderson e le possibili strutture associate: strie, fenditure di tensione, giunti stilolitici. Sono indicate anche le giaciture dei tre assi principali dello strain (X, Y, Z). Dal momento che il modello di Anderson si applica a sistemi irrotazionali (deformazioni di taglio puro) si possono assumere le seguenti equivalenze: $X = \sigma_3$, $Y = \sigma_2$, $Z = \sigma_1$.

Vista tridimensionale (fig. a) e relativa proiezione stereografica (fig. b)

Si ricordi che le strie materializzano la direzione di scivolamento (slip direction) sul piano di faglia. La direzione di scivolamento esiste sempre, anche quando non vi sono tetto e soffitto che la mettono direttamente in evidenza.

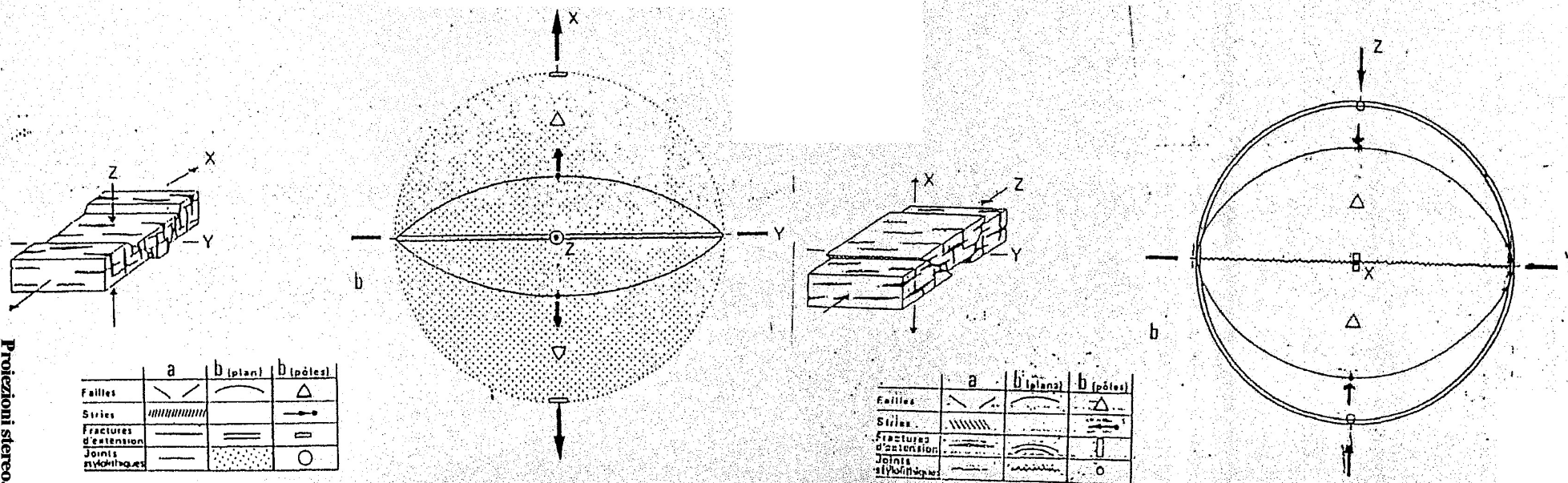
Se si proietta l'emisfero inferiore, nel caso di faglie inclinate il blocco a tetto è ovviamente situato dalla parte convessa della traccia ciclografica. Per convenzione, si considera quest'ultimo come in movimento e l'altro fermo; perciò le frecce poste in corrispondenza dei poli delle strie devono essere collocate sul blocco a tetto.

Nella presente figura per le faglie normali e inverse (dip-slip faults) si procede perciò nel modo seguente:

a) si considera il centro della proiezione come l'alto (infatti il centro è il luogo dei poli delle rette verticali) e il cerchio massimo come il basso (infatti è il luogo dei poli delle rette orizzontali);

b) nella faglia normale il tetto si muove verso il basso (punta della freccia rivolta verso il cerchio massimo);

c) nella faglia inversa il tetto si muove verso l'alto (punta della freccia rivolta verso il centro di proiezione).



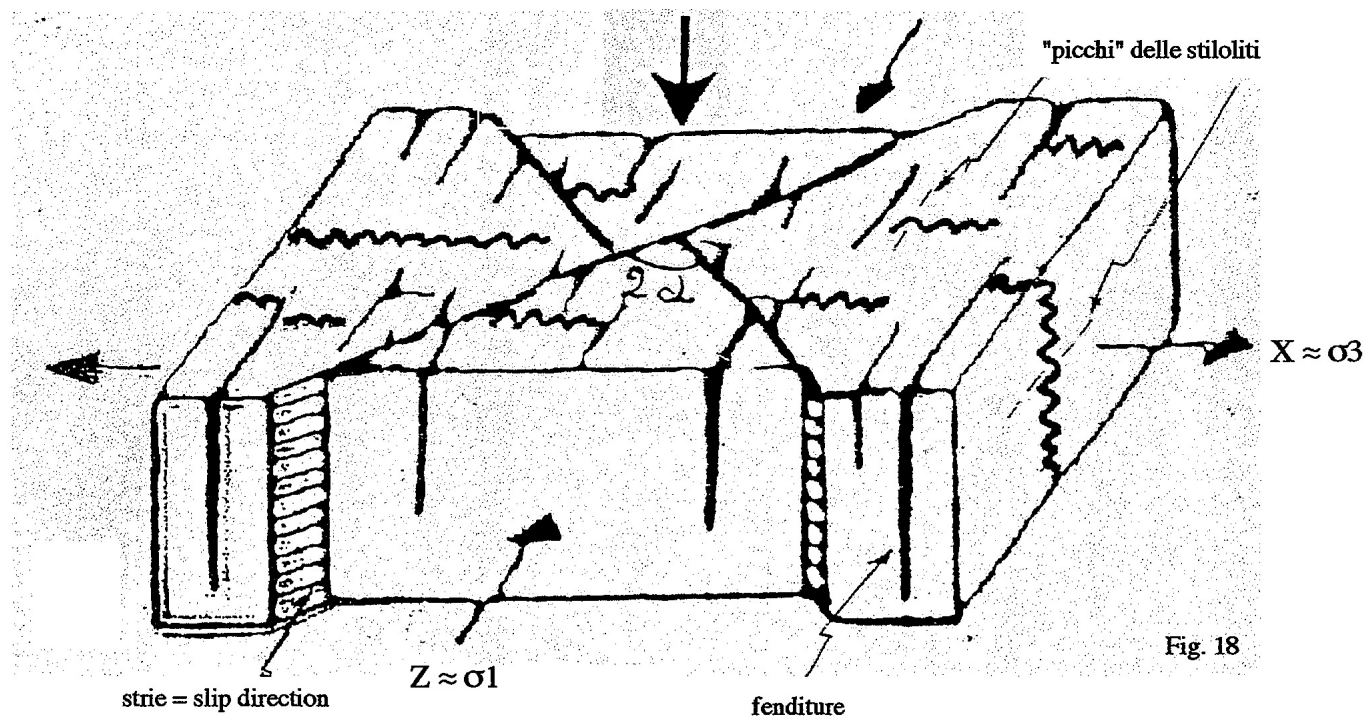
Come visto, nella fig. 17 (analoga alla fig. 16) oltre alle relazioni dei sistemi coniugati di faglie con gli assi principali dello stress sono stati evidenziati anche i rapporti tra questi ultimi e alcune delle principali strutture associate alle faglie.

Per meglio osservarli, si consideri la fig. 18, che rappresenta l'ingrandimento dell'immagine di fig. 17 riferita ai sistemi trascorrenti. Le conclusioni qui sotto generalizzate si applicano anche agli altri sistemi.

Nella fig. 18 appare anzitutto chiaramente che le strie sono parallele all'intersezione tra il piano di faglia ed il piano σ_1 - σ_3 ; perciò esse appartengono contemporaneamente a entrambi questi piani.

Dalla fig. 18 si ricava inoltre quanto segue:

- oltre alle strie, il piano di faglia contiene (come già sappiamo), anche l'asse σ_2 . Nel piano di faglia, le strie e σ_2 formano un angolo di 90° ;
- nel piano σ_1 - σ_3 la distanza angolare tra σ_1 e le strie è uguale all'angolo α , pari alla metà dell'angolo formato dai due sistemi coniugati di faglie. La sua misura consente anche di ricavare il valore dell'angolo φ di attrito interno, dato dalla relazione: $\varphi = 90^\circ - 2\alpha$.



Faglie, strutture associate e campo di stress

Da quanto precede e dalle figg.17 e 18 si può ricavare il seguente promemoria generale delle relazioni geometriche tra strutture planari e lineari rettilinee e tra queste e l'ellissoide dello stress.

DETTI:

F = piano di faglia

F1, F2 = faglie coniugate

2α = angolo acuto formato da **F1** con **F2**

φ = $90^\circ - 2\alpha$ = angolo di attrito interno

Str = strie di movimento osservabili su **F** (parallele alla direzione di scivolamento)

Stl = asse dei "picchi" stilolitici

Ft = fenditure di tensione planari (non sigmoidi)

σ1-σ2; σ1-σ3; σ2-σ3 = i tre piani principali dello stress

x = segno di intersezione

SI HA:

Strutture o elementi planari

F: contiene **Str** e **σ2**, a 90° fra loro

Ft: parallele al piano **σ1-σ2**

Piano **σ1-σ2** normale a **σ3**; parallelo a **Ft**

Piano **σ1-σ3** normale a **σ2**; contiene **Str**

Piano **σ2-σ3** normale a **σ1**; normale a **Stl**

Strutture o elementi lineari

Stl = paralleli a **σ1**

Str = **F** x Piano **σ1-σ3**

σ1 = Piano **σ1-σ3** x **Ft**; Piano **σ1-σ3** x Piano **σ1-σ2**; parallelo a **Stl**; normale a Piano **σ2-σ3**; bisettore di **2α**

σ2 = **F1** x **F2**; Piano **σ1-σ2** x Piano **σ2-σ3**; **F** x **Ft**; giace su **F**, a 90° da **Str**

σ3 = Piano **σ1-σ3** x piano normale a **Stl**; normale a Piano **σ1-σ2**; normale a **Ft**; bisettore di $(180^\circ - 2\alpha)$

Casi non canonici

Quanto sopra concerne i casi detti "canonici", nei quali cioè le strie sono parallele all'immersione della faglia se questa è normale o inversa e sono orizzontali se la faglia è trascorrente. In moltissimi casi, tuttavia, le strie sono oblique (cioè hanno un pitch diverso da 90° o da 0° : v. fig. 19). Ciò accade quando nessun asse dello stress è verticale (casi detti "non canonici").

Ad esempio, le due faglie F1 (250°N , 70°) e F2 (130°N , 50°) sono associate ad un campo di stress non canonico (fig. 20). Analogamente a quanto appreso per i casi canonici, trovato σ_2 , il piano ortogonale contiene necessariamente σ_1 e σ_3 . Su tale piano si misura l'angolo acuto (2α) che formano le faglie e, a metà di tale angolo si posiziona σ_1 . Ovviamente, σ_3 deve essere collocato a 90° da σ_1 . Si sono così individuati i due diedri in compressione (bisecati da σ_1) e i due diedri in estensione (bisecati da σ_3 , evidenziati in grigio in fig. 20). Per finire, la componente orizzontale del movimento relativo lungo ciascuna delle due faglie può essere indicata con una semi-freccia, *posta in uno dei diedri in compressione*, che indichi un movimento verso σ_2 .

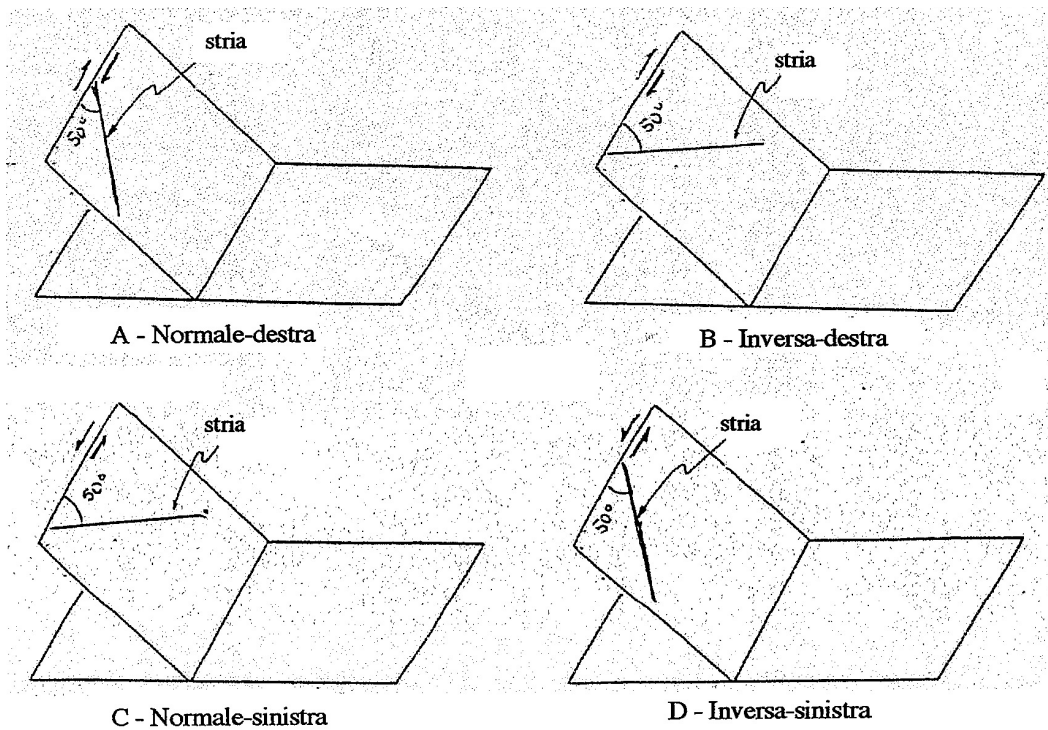
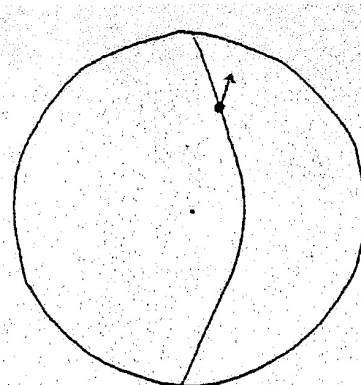
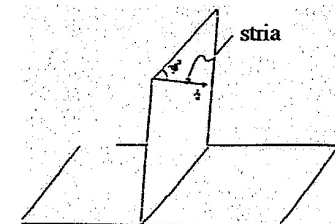


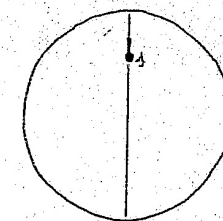
Fig. 19



Proiezione della fig. C (faglia normale-sinistra). Il trattino della freccia si trova sulla congiungente del centro di proiezione con il polo della stria



Piano verticale, direzione N-S e proiezione delle strie presenti sulla faccia orientale del piano di faglia



Proiezioni stereo, 12

Casi non canonici

Nei casi non canonici si tenga pertanto presente quanto segue.

D) La faglia è una oblique-slip fault e la direzione di scivolamento, necessariamente inclinata, può essere scomposta in una componente parallela alla direzione della faglia (cioè una componente trascorrente, destra oppure sinistra) ed in una componente parallela all'immersione della faglia (cioè normale oppure inversa). La componente trascorrente prevale in tutti i casi in cui il pitch della direzione di scivolamento è $< 45^\circ$.

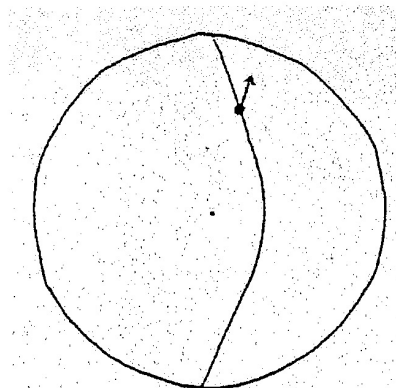
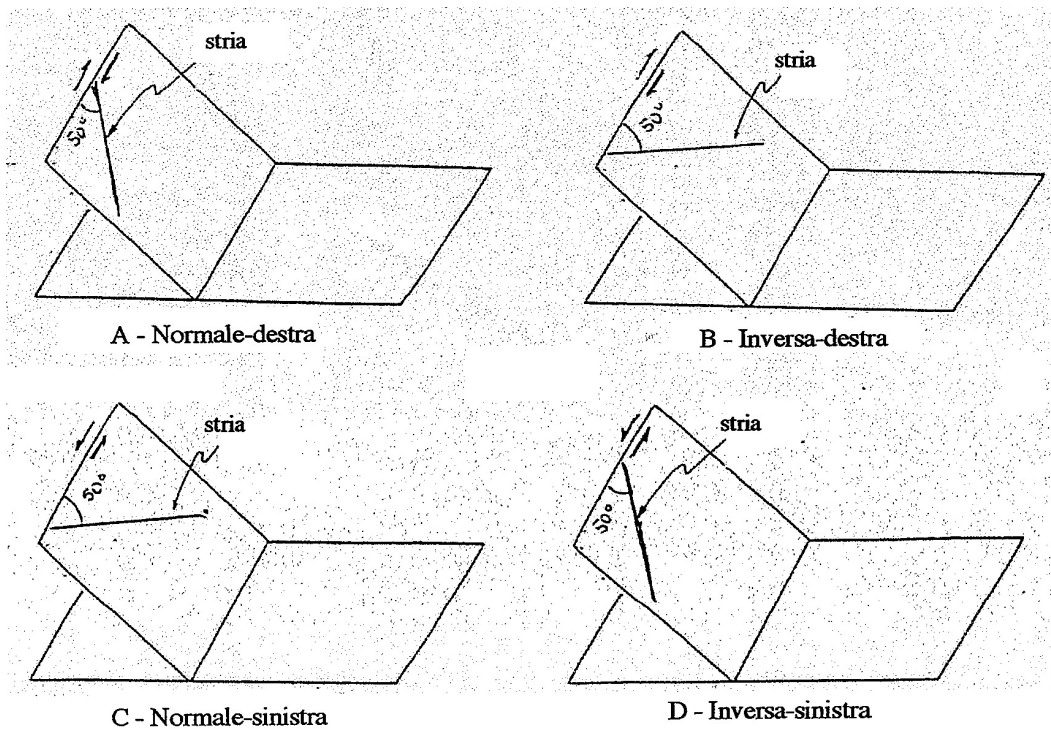
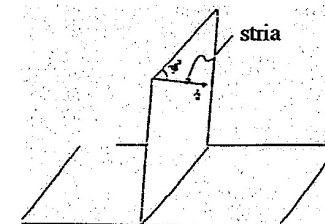
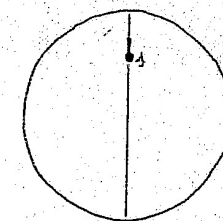


Fig. 19

Proiezione della fig. C (faglia normale-sinistra). Il trattino della freccia si trova sulla congiungente del centro di proiezione con il polo della stria



Piano verticale, direzione N-S e proiezione delle strie presenti sulla faccia orientale del piano di faglia



Proiezioni stereo, 12

GRAZIE PER L'ATTENZIONE