

LES GNEISS OEILLES
DE LA REGION DE VEGÅRSHEI—GJERSTAD
(NORVEGE MERIDIONALE)

I. ETUDE PETROGRAPHIQUE

PAR

JACQUES TOURET

(E. N. S. Géologie, B. P. 452 — 54-NANCY, France)

ABSTRACT. Two elongate bodies of augen gneisses from south of Vegårshei to north of Gjerstad occur in the Precambrian basement of southern Norway on either side of the 'Great Breccia' which represents the boundary between the Bamble and Telemark provinces.

Petrographical studies have established a striking similarity between these two bodies of augen gneisses: most augen gneisses hold large (up to 10 cm) porphyroblasts of potash feldspars, some may contain porphyroblasts of plagioclase or even amphibole. Moreover, at the southern end of the Vegårshei body, the augen gneisses grade into a dark orthopyroxene- and orthoclase-bearing augen gneiss having clear charnockitic affinities. From field and thin section observations, it is inferred that the charnockitic augen gneisses are equivalent to normal augen gneisses having suffered a local metamorphism in the hornblende granulite subfacies.

Introduction

Depuis A. BUGGE (1924), on sait que le socle précambrien du Sud de la Norvège est parcouru par de grands accidents cataclastiques dont le plus important, la «Grande Brèche», marque classiquement la limite entre la région de Bamble, mince frange côtière bordant le Skagerrak, et la province du Téliemark qui constitue vers le Nord l'essentiel du Sud de la Norvège.

La «Grande Brèche» est jalonnée par un certain nombre de massifs allongés de gneiss ocellés (BARTH 1960) dont les plus importants sont les massifs de Vegårshei et de Gjerstad (Fig. 1), situés de part et

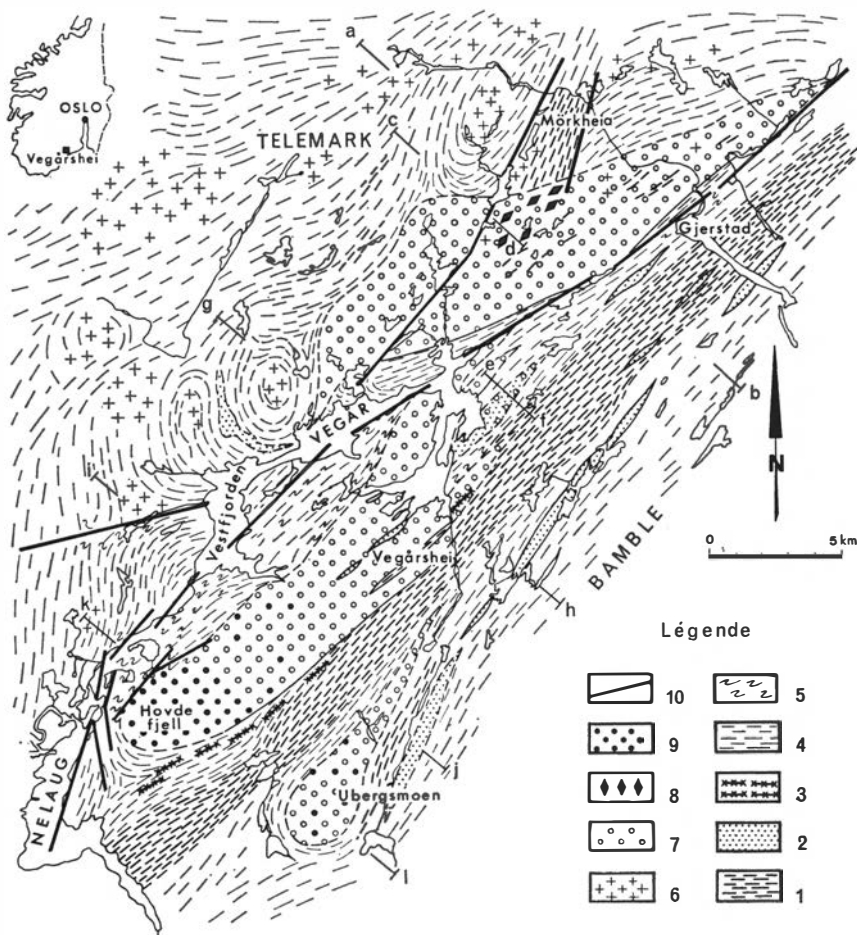


Fig. 1. Carte géologique simplifiée de la région de Vegårshei-Gjerstad. 1: Amphibolites, 2: Quartzites, 3: Cipolins et skarns, 4: Migmatites non différenciées, en général rubanées, parfois nébulitiques (surtout dans le Telemark), 5: Migmatites microplissotées, 6: Granites congénères des migmatites (Telemark), 7: Gneiss oeilés normaux, 8: 'antigneiss oillé' (cf. texte), 9: gneiss oeilés charnockitiques, 10: Mylonites et brèches de la 'Grande Brèche'. a à l: Emplacement des coupes de la Fig. 2.

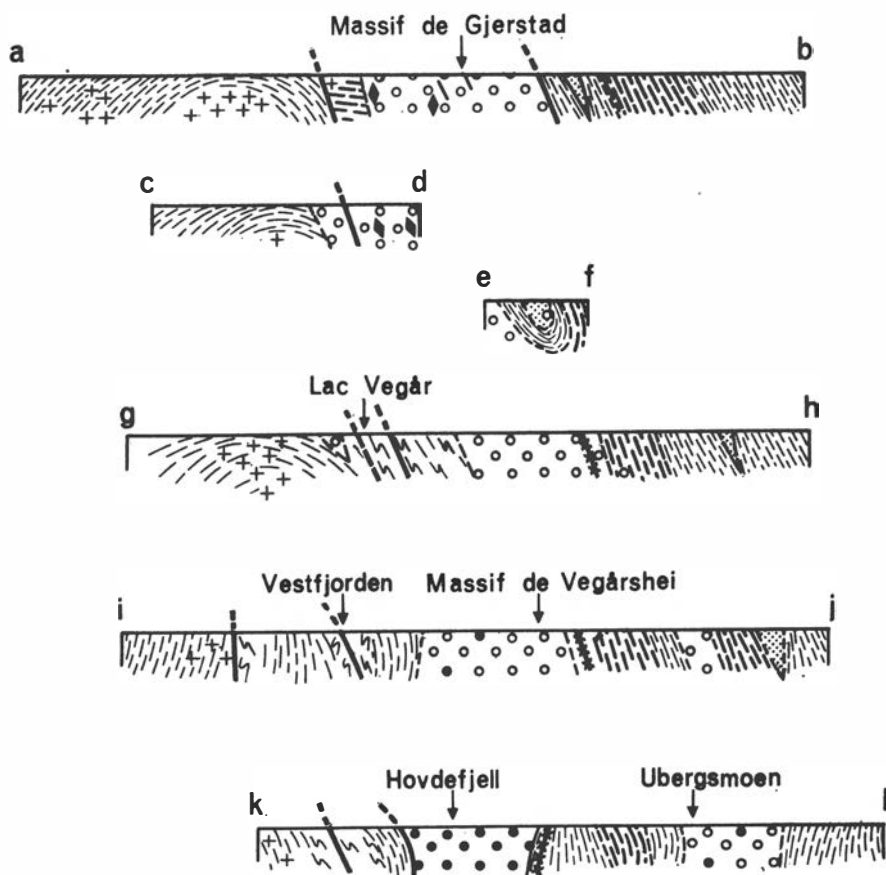


Fig. 2. Coupes schématiques au travers des massifs de Vegårshei et de Gjerstad.
 Emplacement et légende: cf Fig. 1.

d'autre du lac Vegår, à une cinquantaine de kilomètres environ au nord d'Arendal. Ayant déjà brièvement donné les traits essentiels de la géologie régionale (TOURET 1963), je voudrais préciser quelques caractères de ces roches intéressantes dans trois articles complémentaires:

- I. Etude pétrographique.
- II. L'indice de triclinisme des feldspaths potassiques.
- III. Structure micro, méso et macroscopique et conclusions.

Les massifs de Vegårshei et de Gjerstad: Cadre régional

Le Sud de la Norvège est constitué par un complexe migmatitique classique au sein duquel on reconnaît les restes d'anciennes formations supracrustales à côté de parties «mobilisées» dans lesquelles s'individualisent des bandes très allongées de granite et de gneiss ocellés, recoupés par quelques massifs granitiques circulaires (Herefoss, Grimstad) dont l'origine est probablement diapirique (SMITHSON 1965). En raison du caractère «non-idéal» (BARTH 1955) des granites du Sud de la Norvège, la distinction entre granite et gneiss ocellé n'est pas simple. Les gneiss ocellés se reconnaissent toutefois par leur composition minéralogique et chimique beaucoup plus variable et surtout par une structure plus orientée. En outre, les gneiss de Vegårshei et de Gjerstad sont remarquables par la taille exceptionnelle des «yeux» feldspathiques qui atteignent couramment une dizaine de centimètres.

Les massifs de Vegårshei et de Gjerstad affleurent de part et d'autre de la «Grande Brèche» et en sont nettement distincts (Fig. 1 et 2). Toutefois, ils présentent suffisamment de points communs pour que leur parenté génétique puisse difficilement être mise en doute:

— leur taille et leur aspect d'ensemble sont voisins: bande très allongée de 30 km sur 2 à 3 km pour le massif de Vegårshei, 20 km sur 4 à 5 km pour le massif de Gjerstad, orientée SW-NE, parallèlement à la «Grande Brèche» et à la direction régionale des couches de la région de Bamble (BARTH 1960).

— la limite de chaque massif présente une particularité notable (TOURET 1962): vers le Sud, elle est nette, franche, fréquemment soulignée par une dépression topographique. Vers le Nord, au contraire, elle est très progressive, le passage aux formations encaissantes s'effectuant de façon insensible par une zone de transition de plusieurs centaines de mètres.

— enfin, à l'échelle de l'échantillon, l'analogie est frappante, tant en ce qui concerne les gneiss eux-mêmes que les enclaves qu'ils contiennent en abondance et dans lesquelles on reconnaît, outre des éléments des formations supracrustales (quartzites, amphibolites, cipolins et gneiss à graphite), des traces de migmatites qui établissent le caractère relativement tardif des gneiss ocellés par rapport à la mobilisation régionale.

Etude pétrographique: Les gneiss oeuillés normaux et charnockitiques

D'après les observations précédentes, il n'est pas nécessaire de distinguer dans l'étude pétrographique les gneiss de Vegårshei de ceux de Gjerstad. Par contre, il faut séparer les gneiss dont la composition minéralogique est comparable à celle des roches encaissantes et qui pour cette raison ont été appelés (TOURET 1963) les gneiss oeuillés «normaux» (faciès amphibolite-almandin) de ceux dont les paragenèses appartiennent au faciès granulite (cf. p. 140) et que j'ai nommés «gneiss oeuillés charnockitiques». Ces derniers sont beaucoup moins abondants et limités au seul massif de Vegårshei, mais leur intérêt pétrographique justifie une étude particulière.

LES GNEISS OEILLES NORMAUX

Macroscopiquement, les gneiss oeuillés de Vegårshei et de Gjerstad (Planche I) ont l'aspect caractéristique des «augengneiss» de la littérature allemande: ils renferment un très grand nombre de phénocristaux feldspathiques dont la couleur blanche ou rosée tranche sur la teinte sombre de la mésostase (Planche I, Fig. 1 et 3) et dont les contours en général effilés évoquent effectivement la forme d'un «oeil» (Planche I, Fig. 2). Leur structure est toujours très orientée, même si cette orientation a parfois un caractère linéaire et n'est donc pas visible sur une section perpendiculaire à la linéation (Planche I, Fig. 3 et 4). Ils contiennent de nombreuses enclaves très allongées dans lesquelles on reconnaît ainsi qu'il a été dit tous les éléments des formations supracrustales de la région de Bamble. Ces enclaves, dans lesquelles dominent les amphibolites, sont toujours parsemées d'un nombre variable de phénocristaux feldspathiques analogues à ceux des gneiss oeuillés et dans quelques cas privilégiés on distingue nettement un rubanement dessinant une sorte de structure fantôme au sein des gneiss oeuillés (Planche I, Fig. 1 et 2).

Sous le microscope, on est amené à distinguer les «yeux» feldspathiques, presque toujours fortement déformés (plans de macle tordus, extinctions roulantes) (Planche II, Fig. 1), d'une mésostase finement grenue et entièrement recristallisée.

Les «yeux» sont constitués en général par un *microcline perthitique* (perthites en veines et en taches), tantôt bien quadrillé et triclinique ($2V \simeq 80^\circ$, $Z' \wedge \perp (010) = 18^\circ$), tantôt «intermédiaire» ($50^\circ < 2V < 80^\circ$, $Z' \wedge \perp (010) < 18^\circ$). Comme il arrive très souvent dans les gneiss oillés du Sud de la Norvège (SMITHSON 1963), microcline maximum et intermédiaire peuvent coexister dans une lame mince et même — le cas est très fréquent — dans une seule plage feldspathique. Ils comportent parfois des inclusions orientées, le plus souvent de plagioclase (Planche I, Fig. 5), mais aussi de biotite ou de hornblende verte. En outre, ils sont fréquemment entourés par une couronne de petits cristaux d'oligoclase dessinant une sorte de texture «Rapakiwi» (Fig. 3A). Certains yeux, surtout plagioclasiques, sont remplacés par une mosaïque isogranulaire de petits cristaux non déformés et entièrement recristallisés (Planche II, Fig. 2 et 3), illustrant l'important phénomène de la granulation (BELLIERE 1958) qui sera décrit de façon plus détaillée lors de l'étude structurale.

Il importe de souligner que les phénocristaux ne sont pas exclusivement constitués de feldspath potassique. Un nombre non négligeable est formé de plagioclase (Planche II, Fig. 2 et 3) et exceptionnellement de hornblende verte, dans une roche curieuse que j'ai baptisée sur le terrain «anti-gneiss oillé» (reverse augen gneiss) et qui se rencontre surtout dans le massif de Gjerstad au Sud des amphibolites de Mörkheia (Fig. 1). La nature des «yeux» et des minéraux colorés qui y sont associés dans la mésostase permet ainsi de distinguer (TOURET 1963):

— *une variété acide*, à biotite seule, dans laquelle les yeux sont uniquement constitués de microcline,

— *une variété intermédiaire*, de loin la plus abondante, à biotite et à hornblende verte et où les yeux de plagioclase sont fréquents (Planche I, Fig. 6).

— *une variété basique*, également à biotite et à hornblende verte, mais où le microcline n'apparaît pratiquement pas, presque tous les yeux étant constitués de plagioclase.

Sur le terrain, ces trois variétés sont souvent si intimement associées qu'une cartographie précise n'est pas possible. Cependant, une étude détaillée de l'extrémité nord-est du massif de Vegårshei a montré sans ambiguïté:

a) que les gneiss oillés acides contiennent surtout des enclaves de quartzite et les gneiss intermédiaires et basiques des enclaves amphi-

bolitiques souvent fortement transformées, mais parfois pratiquement intactes (Planche I, Fig. 1). Certaines de ces dernières sont probablement d'anciens filons basiques (WEGMANN et SCHAEER 1962) et peuvent recouper la foliation des gneiss oeillés (massif de Gjerstad), mais restent toujours plus anciennes que les gneiss oeillés.

b) que les gneiss oeillés intermédiaires et basiques sont très abondants au voisinage et dans le prolongement de l'importante bande amphibolitique située au Sud et à l'Est du massif de Vegårshei et les gneiss acides des quartzites situés plus au Nord (Fig. 1).

La mésostase, très finement grenue, ne porte pas en général de trace de déformation cataclastique et est donc complètement recristallisée. Elle est parcourue par des filonnets de *quartz* plus grossièrement cristallisé qui contournent les porphyroblastes et s'élargissent à leurs extrémités, dans les zones correspondant aux «ombres de pression» (PABST 1931) (Planche II, Fig. 1 et 2). Il s'agit du «*quartz discordant*» de P. MICHOT (1938), très commun dans les roches cataclastiques de la catazone. On distingue en outre du *microcline* et des *plagioclases* identiques à ceux des yeux et des minéraux colorés groupés en amas: *biotite* très sombre, à bords parfois corrodés, intimement associée à une *hornblende verte* à reflets parfois bleutés dans les zones les plus déformées. De nombreux minéraux accessoires sont souvent liés aux minéraux colorés: beaucoup d'apatite, du sphène, de l'ilménite, un peu de pyrite, exceptionnellement du graphite (Vegårvatn), des zircons et de l'allanite. Les gneiss oeillés du massif de Vegårshei contiennent également un certain nombre de grenats poeciloblastiques comparables à ceux qui sont caractéristiques de certaines variétés charnockitiques (p. 143).

Dans les gneiss apparaissent enfin des minéraux qui, par leur nature et leur mode de développement, peuvent être considérés comme les témoins d'une rétro-morphose générale ayant affecté les gneiss oeillés: *muscovite* qui pseudomorphose quelquefois les biotites et surtout *épidotes* (*épidotes* s. sr., *clinozoïsite*, *zoïsite*) très abondantes en présence de la *hornblende*. Cette rétro-morphose n'atteint toutefois pas le faciès schiste-vert, puisque les *épidotes* sont situées au contact et apparemment en équilibre avec des *plagioclases* An 25 à 28, sans trace d'albite ni altération des *plagioclases*.

Dans le massif de Vegårshei, certains gneiss ont en outre été atteints par une seconde rétro-morphose caractérisée par le développement de

chlorites, actinote, une altération marquée des plagioclases et une déformation poussée de tous les minéraux, y compris le quartz «discordant». Toutefois, il ne s'agit que de zones limitées et rectilignes qui recoupent le massif et doivent être rapportées à des mouvements tardifs postérieurs à la mise en place des gneiss oeuillés et probablement contemporains des mylonites de la «Grande Brèche». Cette rétromorphose sera désignée dans cet exposé «Rétromorphose de la Grande Brèche» (R_2), par opposition à la précédente qui gardera le nom de «Rétromorphose des gneiss oeuillés» (R_1) (Fig. 5).

Les yeux des gneiss oeuillés, anciens phénocristaux ou porphyroblastes?

Le problème fondamental de la genèse des gneiss oeuillés a été bien posé par GUITARD (1965) et peut se résumer de la façon suivante: les yeux feldspathiques sont-ils les phénocristaux déformés d'un ancien granite ou au contraire des porphyroblastes qui se sont développés au sein d'anciennes roches métamorphiques, soit en réutilisant un stock d'alcalin initialement présent dans le complexe, soit par le biais d'une métagénèse à plus grande échelle. Dans le cas des gneiss oeuillés de Vegårshei et de Gjerstad, il est difficile de prendre parti pour l'une ou l'autre de ces hypothèses à partir de la simple description pétrographique: les gneiss intermédiaires ont effectivement une composition et un aspect granitiques (Planche I, Fig. 6), mais il n'en est pas de même des gneiss oeuillés basiques; en outre, l'abondance et la disposition des enclaves (p. 136) indiquent une similitude entre les gneiss oeuillés et le domaine encaissant qui se poursuit très loin à l'intérieur du massif de gneiss oeuillés.

Par ailleurs, on peut être tenté d'utiliser à l'appui de la première hypothèse (ancien granite déformé) les inclusions orientées et les textures «Rapakiwi», qui ont souvent été données comme caractéristiques de la texture granitique (FRASL 1954); mais ces arguments ne semblent pas déterminants dans le cas particulier des gneiss de Vegårshei-Gjerstad: les inclusions orientées ne sont pas seulement formées de plagioclase, mais aussi de biotite ou de hornblende, ce qui à ma connaissance n'est pas très courant dans les granites, et les textures «Rapakiwi» peuvent quelquefois être rapportées à un phénomène de remplacement du plagioclase par le feldspath potassique directement observable. En effet, certains yeux feldspathiques com-

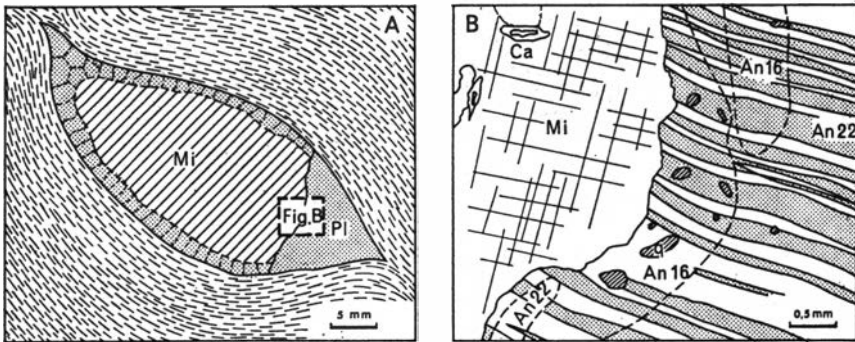


Fig. 3. Phénomènes de remplacement du plagioclase par le microcline dans un gneiss ocellé normal (Vegårvatn, massif de Gjerstad). A: Aspect général d'un oeil composite constitué par du microcline et du plagioclase. Autour du microcline existe une bordure de petits cristaux de plagioclase (Texture 'Rapakiwi') qui s'arrête au contact du plagioclase de l'oeil. B: Contact microcline-plagioclase. Le microcline semble corroder le plagioclase et le remplacer. En avant du front de remplacement, le plagioclase, quelque peu déformé, est plus albitique (An16/An22) et parsemé de gouttelettes de quartz. Mi: microcline, Pl: plagioclase, q: quartz, Ca: calcite.

portent simultanément plagioclase et feldspath potassique, le plagioclase étant trop important pour pouvoir être assimilé à une perthite (Fig. 3A). Dans ce cas ce dernier, très altéré et séricitisé, est nettement corrodé par le microcline qui présente à son contact des figures de remplacement caractéristiques (Fig. 3B). Parfois, le plagioclase est nettement plus déformé que le microcline, indiquant peut-être que le remplacement a eu lieu alors que la période de déformation avait déjà débuté. Je pense que ce processus de remplacement est responsable des textures «Rapakiwi» suivant le processus schématiquement représenté sur la Fig. 4: à une certaine période relativement tardive de la genèse des gneiss ocellés, les conditions thermodynamiques (pression, température, potentiel chimique du potassium) sont telles que le feldspath potassique présente une «force de cristallisation» (KERN et WEISBROD 1964) supérieure à celle du plagioclase. Il est alors susceptible de le remplacer, le plagioclase déplacé recristallisant en petits cristaux en bordure du feldspath potassique. Remarquons que ce processus n'implique pas a priori une métasomatose potassique à grande échelle, mais simplement des conditions cristallogénétiques particulières. Pour mettre en évidence une telle métasomatose, il

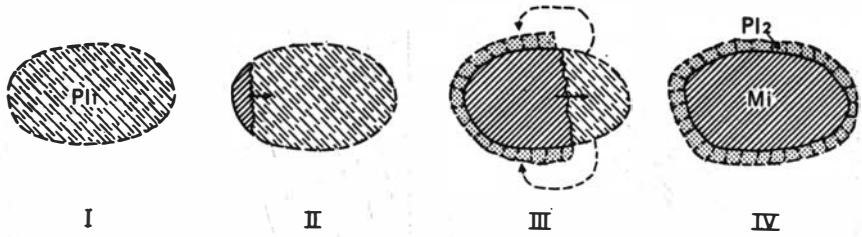


Fig. 4. Mécanisme hypothétique de la formation de texture 'Rapakiwi' par remplacement du plagioclase par le microcline. I. Cristal initial de plagioclase Pl_1 . II. Remplacement du plagioclase par du microcline Mi possédant une force de cristallisation supérieure. II. Le plagioclase est déplacé et recristallise sous forme de petits cristaux Pl_2 sur les flancs du porphyroblaste de microcline (Fig. 3A). IV: Porphyroblaste de microcline à texture 'Rapakiwi'.

faudrait disposer d'arguments chimiques qui ne peuvent être développés ici et qui seront prochainement (Touret, Thèse en préparation) discutés en détail.

En conclusion, certains yeux feldspathiques au moins doivent leur existence à des phénomènes de remplacement et peuvent donc être considérés comme des porphyroblastes. Si le processus de formation des textures «Rapakiwi» qui a été indiqué a une valeur générale, il est peu probable que les plagioclases remplacés soient des phénocristaux d'un ancien granite, en raison de leur taille et de leur abondance, et il semble plus vraisemblable d'admettre une «feldspathisation» des séries supracrustales dont les restes non transformés se retrouvent en enclaves au sein des gneiss oeilés. Il sera donné en conclusions quelques réflexions sur les raisons possibles d'une telle «feldspathisation».

LES GNEISS OEILLES CHARNOCKITIQUES

A l'extrémité Sud-Ouest du massif de Vegårshei, formant en particulier l'éminence de Hovdefjell, point culminant de la région,affleure une roche massive et porphyroïde, très sombre, dont les affinités avec les charnockites de la région d'Arendal (BUGGE 1943) ont déjà été signalées (BUGGE 1943, TOURET 1962). Vers l'Est, le passage aux gneiss «normaux» est progressif, mais compliqué par des mouvements cataclastiques intenses. Dans toutes les autres directions par contre, la limite du massif est très marquée et l'allure générale est celle d'un

batholite intrusif, bien que les limites restent parallèles aux directions structurales des formations encaissantes et soient parfois soulignées par d'importantes zones mylonitiques. Un second gisement d'aspect général comparable est situé à 1 km environ à l'Ouest d'Ubergsmoen, associé à la longue bande de gneiss oeilés qui s'étend à quelques kilomètres au Sud du massif de Vegårshei (Fig. 1).

Les roches de Hovdefjell et de Ubergsmoen «gneiss oeilés charnockitiques»

Les roches de Hovdefjell et de Ubergsmoen posent tout d'abord un problème de nomenclature: en effet, la forme du gisement de Hovdefjell et l'aspect massif de la roche à l'affleurement évoquent une roche intrusive qui, compte tenu des associations minérales qui sont décrites ci-dessous, fait partie des «charnockites».

Mais par ailleurs, de multiples arguments (TOURET 1963) rendent très probable l'hypothèse d'une parenté étroite avec les gneiss «normaux», dont l'origine métamorphique est peu contestable.

Ces arguments sont de nature diverse:

— A l'Est du massif d'Hovdefjell, le passage entre «gneiss oeilés» et charnockites est très progressif. Le long de la route Espeland-Ufsvatn, on peut en particulier observer des bancs de charnockites intercalés dans les gneiss oeilés. La texture des charnockites est alors tout à fait analogue à celle des gneiss oeilés.

— Cette imbrication intime entre les deux roches, parfois visible à l'échelle de l'échantillon, ne rend que plus remarquable la position des massifs de Ubergsmoen et de Hovdefjell à l'extrémité méridionale de longues bandes de gneiss oeilés, position qui peut difficilement être considérée comme fortuite.

— Bien que très massive, la texture n'est pas isotrope et rappelle par de nombreux traits la texture des gneiss oeilés (présence d'une foliation ou d'un litage, porphyroblastes déformés de façon cataclastique), surtout à la périphérie du massif de Hovdefjell. A l'affleurement, son observation est rendue difficile par la teinte générale très sombre, mais les orientations apparaissent beaucoup plus nettement lorsque les feldspaths potassiques ont été colorés en jaune par le cobaltinitrite ou lorsque la coloration brunâtre caractéristique des charnockites est enlevée par immersion dans un bain d'acide chlorhydrique ou oxalique.

Les roches de Hovdefjell présentent donc des aspects de roches ignées (essentiellement le mode de gisement) et métamorphiques (la texture, les associations minéralogiques, les liaisons avec les gneiss oeillés «normaux»).

Le terme de «gneiss oeillé charnockitique» fait ressortir ce caractère hybride, fréquent dans les roches de la catazone profonde (MICHOT 1951), où «la différence entre cristallisation magmatique et métamorphique peut être faible» (ТОВІ 1965). Il semble du reste à ce sujet que la différence fondamentale parfois établie entre «granulites» et «charnockites» (WINKLER 1965) soit difficile à admettre dans des régions comme le Sud de la Norvège, où sur le terrain les passages d'une variété à l'autre sont constants.

Etude pétrographique

Les liaisons qui apparaissent sur le terrain entre gneiss oeillés «normaux» et «charnockitiques» ne rendent que plus saisissantes les différences que met en évidence l'étude microscopique. En effet :

— le microcline «maximum» bien quadrillé, si fréquent dans les gneiss oeillés normaux, n'est plus qu'exceptionnel et le feldspath potassique est en général, soit un *microcline intermédiaire* non quadrillé, soit beaucoup plus fréquemment une véritable *orthose* franchement monoclinique, presque toujours maclée Carlsbad, qui constitue l'essentiel des porphyroblastes feldspathiques. Cette orthose est perthitique, les perthites ayant un aspect très particulier et caractéristique : très petits ovoïdes (de l'ordre de 10μ) irrégulièrement dispersés au sein de la plage feldspathique, souvent suffisamment abondants pour que l'on ne puisse distinguer facilement l'élément perthitique du minéral hôte. A très fort grossissement, l'allure générale rappelle singulièrement les «mésoperthites» de P. MICHOT (1961), mais dans des dimensions qui n'excèdent pas quelques microns.

En bordure des porphyroblastes se développent de très belles myrmékites, au moins aussi abondantes que dans les gneiss oeillés normaux, où l'on reconnaît souvent une seconde génération de vermicules de quartz au contact du feldspath potassique. Certains porphyroblastes sont, là encore, formés de plagioclases de composition assez uniforme (An 35 à 38) presque toujours antiperthitiques, le feldspath potassique apparaissant sous forme de plages grossièrement rectangulaires à bordure floue.

Au voisinage des fissures qui parsèment ces porphyroblastes se développent fréquemment des zones de «microcline maximum» à caractère nettement tardif (TOURET 1962).

On retrouve ces minéraux dans la mésostase, ainsi que quelques filonnets de quartz «discordant» moins nets et moins abondants que dans les gneiss oeillés normaux. En outre, la *biotite*, presque toujours présente en petite quantité, est remarquable par une teinte très rouge et surtout des contours extrêmement corrodés qui ressemblent à certaines muscovites «palmées» des faciès supérieurs. Elle voisine avec une *hornblende* vert sombre à caractère hastingsitique, parfois de la hornblende brune, et surtout des grenats et pyroxènes qui constituent les minéraux caractéristiques de ces gneiss oeillés charnockitiques.

Les *grenats* rappellent ceux que l'on rencontre dans certains gneiss oeillés du massif de Vegårshøi (Höl, Ormshamar), mais sont beaucoup plus abondants. Poeciloblastiques, bourrés d'inclusions de quartz et de feldspath, ils semblent se développer aux dépens de la biotite et forment souvent une sorte de bordure de réaction entre les feldspaths et les amas de minéraux colorés.

Les *pyroxènes* peuvent être des pyroxènes monocliniques de la série diopside-hédenbergite, ou — plus fréquemment — un pyroxène orthorhombique proche de l'hyperstène ($2V = 60^\circ$) contenant souvent quelques restes de biotite plus ou moins floue orientés suivant les clivages.

Pyroxènes et grenats sont rarement en quantité équivalente dans un échantillon donné et, à l'échelle de l'échantillon, on peut distinguer les gneiss à grenats (Planche II, Fig. 4), qui semblent très abondants dans le massif d'Ubergsmoen, des gneiss à pyroxènes, à composition typiquement charnockitique, qui constituent l'essentiel du massif de Hovdefjell.

On rencontre enfin quelques minéraux accessoires: apatite, zircons, beaucoup de calcite, très peu de rutile, des minerais (magnétite, parfois ilménite). Pyroxènes et amphiboles sont quelquefois groupés en amas, mais les cristaux sont toujours indépendants et ne présentent pas d'association qui pourrait faire songer au remplacement d'une espèce par l'autre. Les rétro-morphoses R_1 et R_2 qui ont été observées dans les gneiss oeillés normaux affectent également les gneiss oeillés charnockitiques mais à un degré moindre, en raison peut-être du caractère plus massif et homogène de ces derniers. Toutefois, la rétro-morphose

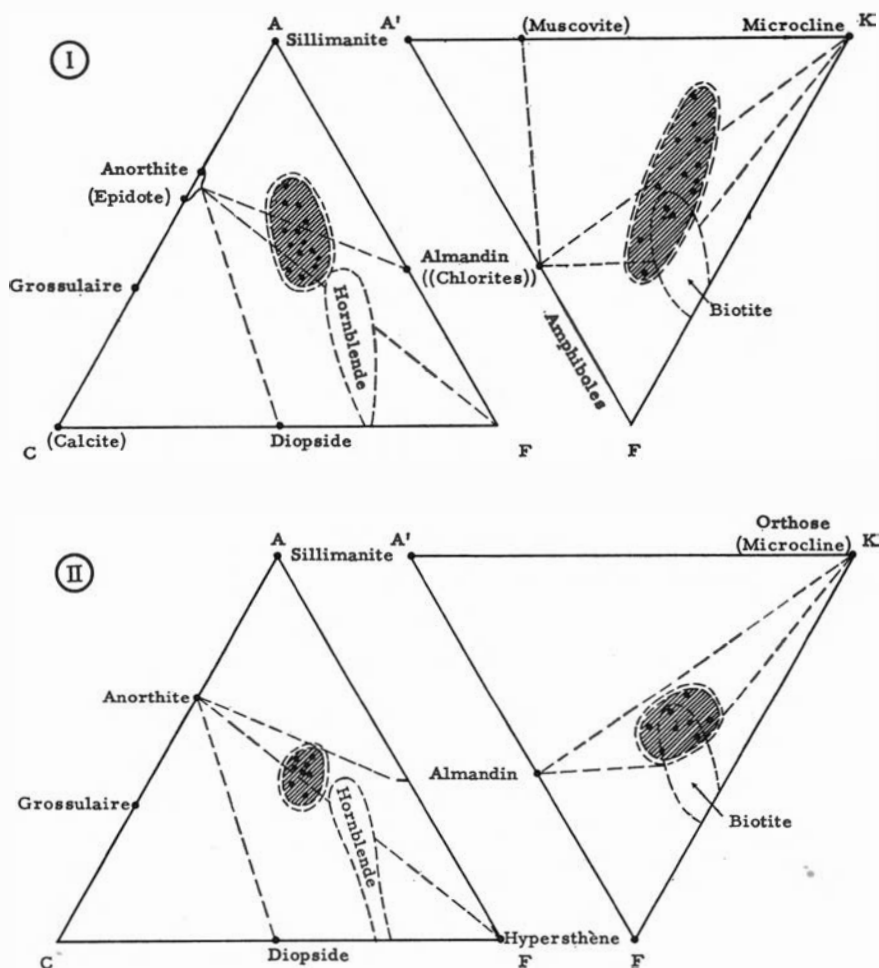


Fig. 5. Associations minéralogiques des gneiss ocellés normaux (I) et charnockitiques (II). *Minéraux entre parenthèses simples* (..): Rétromorphose R_1 ; *entre parenthèses doubles* ((.)): Rétromorphose R_2 . Les parties hachurées correspondent aux domaines contenant les points représentatifs des gneiss ocellés normaux (14 analyses) et charnockitiques (8 analyses).

R_1 est bien visible et se marque par l'apparition de zoïsite, d'un peu d'épidote et par le développement de microcline maximum au voisinage des fissures des porphyroblastes d'orthose (TOURET 1963).

Conclusion: Le faciès de métamorphisme des gneiss oeilés

La détermination du faciès de métamorphisme des gneiss oeilés est compliquée par la présence des rétromorphoses R_1 et R_2 , qui obligent à définir trois faciès pour chaque type de gneiss oeilés: avant toute rétromorphose, lors de la rétromorphose R_1 et enfin de la rétromorphose R_2 .

a) Les gneiss oeilés normaux. (Fig. 5, I)

Le faciès maximum ne peut être déterminé de façon certaine en raison de l'extension de la rétromorphose R_1 . Toutefois les gneiss situés au voisinage immédiat du massif de Vegårshei appartiennent aux subfaciès les plus profonds du faciès amphibolite-almandin (subfaciès sillimanite-almandin-muscovite et même subfaciès sillimanite-almandin-orthoclase) et il est logique de penser que les gneiss oeilés ont été portés à un degré de métamorphisme comparable.

La rétromorphose R_1 , qui caractérise le faciès actuel des gneiss oeilés, correspond au contraire à la partie la plus superficielle du faciès amphibolite-almandin, sans que l'on puisse du reste déterminer le subfaciès correspondant aux classifications modernes de TURNER et VERHOOGEN (1960) ou WINKLER (1965), puisque le pôle alumineux (sillimanite, staurotide ou disthène) n'est jamais exprimé en raison de la richesse en K_2O . On peut ainsi remarquer que ce faciès est beaucoup plus aisé à placer dans la classification établie dans l'ouvrage classique de BARTH, CORRENS et ESKOLA (1939), puisqu'il correspond sensiblement à la limite entre les faciès amphibolite et amphibolite-épidote de ces auteurs.

La rétromorphose R_2 enfin est nettement plus superficielle et atteint le domaine du faciès schiste-vert.

b) Les gneiss oeilés charnockitiques. (Fig. 5, II)

Le problème de la détermination du faciès maximum est plus simple que dans le cas des gneiss oeilés normaux car l'influence des rétromorphoses R_1 et R_2 , bien que décelable, y est beaucoup moins importante. Le pyroxène orthorhombique et l'orthose, la coloration jaunâtre caractéristique font immédiatement songer au faciès granulite. Comme la hornblende est présente de façon constante et ne semble pas être

d'origine rétromorphique, on peut admettre en fonction des associations minéralogiques (Fig. 5) que les gneiss oillés charnockitiques appartiennent au subfaciès «granulite à hornblende», illustrant une fois de plus ce subfaciès défini de façon théorique par TURNER et VERHOOGEN en 1960 et décrit depuis à plusieurs reprises dans la nature, en particulier par DE WAARD (1965) dans les Adirondacks et par TOBI (1965) dans le Rogaland. Les variétés à grenat pourraient correspondre à un autre subfaciès «granulite à grenat» (DE WAARD 1965) correspondant à une lignée haute pression du faciès granulite et dont le domaine d'existence, étudié expérimentalement (RINGWOOD et GREEN 1966), se placerait entre le domaine des élogites et celui des granulites à pyroxène. Sur le plan régional, leur analogie avec les «charnockites d'Arendal» (BUGGE 1943) et certains types de migmatites charnockitiques du Rogaland (MICHOT 1952, TOBI 1965) mérite enfin d'être souligné.

REMERCIEMENTS

Ce travail, partie d'une thèse réalisée à l'Université de Nancy sous la direction du Professeur M. Roubault, a été inspiré par le Professeur T. F. W. Barth que je remercie sincèrement pour tous les conseils et suggestions qu'il m'a prodigués.

BIBLIOGRAPHIE

- BARTH, T. F. W. 1955. Température de formation de certains granites précambriens de Norvège méridionale. *Sci. Terre*, Hors série, 119-128.
- BARTH, T. F. W., CORRENS, C. W. et ESKOLA, P. 1939. *Die Entstehung der Gesteine*, Springer, Berlin, 422 pp.
- BARTH, T. F. W. and DONS, J. A. 1960. In HOLTHEDAHN, O. (Editor). *Geology of Norway. Norges geol. undersøk.* 208, 1-67.
- BELLIERE, J. 1958. Contribution à l'étude pétrogénétique du Massif des Aiguilles Rouges (Haute Savoie). *An. Soc. Geol. Belgique, Mém.* 81, 1-197.
- BUGGE, A. 1936. Kongsberg-Bamble formasjonen. *Norges geol. undersøk.* 146, 1-117.
- BUGGE, J. A. W. 1943. Geological and petrological investigations in the Kongsberg-Bamble formation. *Norges geol. undersøk.* 160, 1-150.
- FRASL, G. 1954. Anzeichen schmelzflüssigen und hochtemperierten Wachstums an den grossen Kalifeldspäten einiger Porphyrg Granite, Porphyrganitgneise und Augengneise Österreichs. *Jahr. Geol. Bundesanst.* 97-1, 71-135.

- GUIARD, G. 1965. Le métamorphisme progressif mésozonal et les gneiss oillés du massif du Canigou (Pyrénées Orientales): pétrologie et structure. Thèse Paris, 523 pp. (Ronéo.).
- KERN, R. et WEISBROD, A. 1964. *Thermodynamique de base pour minéralogistes, pétrographes et géologues*, Masson, Paris, 243 pp.
- MICHOT, P. 1938. Etude géologique et pétrographique du Ruwenzori septentrional. *Mém. Inst. Col. Belge*, 8, 156.
- MICHOT, P. 1951. Essai sur la géologie de la catazone profonde. *Bul. Acad. Roy. Belge. Cl. Sc. t. V.* 37, 260–76.
- MICHOT, P. 1961. Struktur der Mesoperthite. *N. Jb. Miner. Abh.* 96, 213–16.
- PABST, A. 1931. Pressure shadows and the measurement of the orientation of minerals in rocks. *Am. Min.* 16, 55–70.
- RINGWOOD, A. E. and GREEN, D. H. 1966. An experimental investigation of the gabbroeclogite transformation and some geophysical implications. *Tectonophysics* 3–5, 383–428.
- SMITHSON, S. B. 1963. Granite studies: II. The Precambrian Flå granite, a geological and geophysical investigation. *Norges geol. undersøk.* 219, 1–212.
- SMITHSON, S. B. 1965. The nature of the 'Granitic' layer of the crust in the Southern Norwegian Precambrian. *Norsk geol. tidsskr.* 45, 113–33.
- TOBI, A. C. 1965. Fieldwork in the charnockitic Precambrian of Rogaland (S. W. Norway). *Geologie en mijnbouw* 44, 208–17.
- TOURET, J. 1962. Geological studies in the region of Vegårshei–Gjerstad. *Norges geol. undersøk.* 215, 120–39.
- TOURET, J. 1963. Sur la coexistence de microcline et d'orthose dans certains gneiss oillés de la région de Vegårshei (Norvege méridionale). *C. R. Acad. Sci. Paris* 256, 2885–88.
- TURNER, F. J. & VERHOOGEN, J. 1960. *Igneous and metamorphic petrology*. 2nd. Mc Graw-Hill. New-York, 694 pp.
- DE WAARD, D. 1965. The occurrence of garnet in the granulite facies terrane of the Adirondacks Highlands. *Jour. Petr.* 6, 165–90.
- WEGMANN, C. E. et SCHAEER, J. P. 1962. Chronologie et déformations des filons basiques dans les formations précambriennes du Sud de la Norvège. *Norsk geol. tidsskr.* 42, 371–88.
- WINKLER, H. G. F. 1965. *Die Genese der metamorphen Gesteine*. Springer, Berlin, 218 pp.

Accepted for publication September 1966

Revised manuscript received December 1966

PLANCHE I.

Aspects mésoscopiques des gneiss oeilés normaux.

Fig. 1. 'Stratification fantôme' dessinée par des enclaves d'amphibolite à l'intérieur de gneiss oeilés du massif de Gjerstad (Vegårvatn).

Fig. 2. Même affleurement que Fig. 1, montrant l'aspect effilé des yeux feldspathiques et une enclave finement grenue. On distingue au sein des gneiss oeilés le contact parallèle au litage correspondant à la 'stratification fantôme' de la Fig. 1.

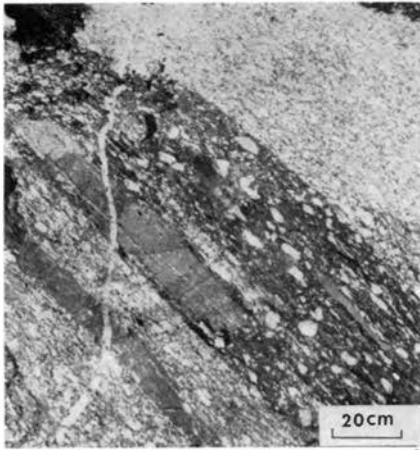
Fig. 3. Gneiss oeilé du massif de Gjerstad, photographie perpendiculaire à la linéation.

Fig. 4. Même affleurement que Fig. 3, photographie parallèle à la linéation.

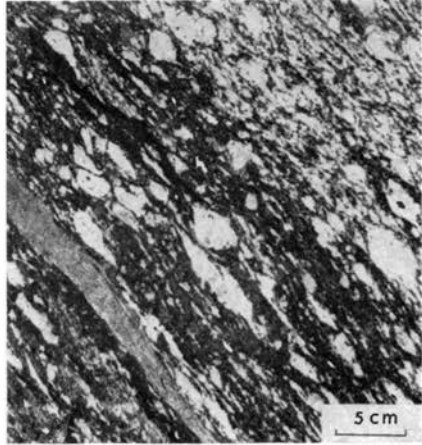
Fig. 5. Gneiss oeilé, variété intermédiaire, avec inclusions orientées de plagioclase dans un oeil de feldspath potassique. (Eidet, massif de Vegårshei).

Fig. 6. Gneiss oeilé à structure très déformée (Ormshamar, massif de Vegårshei).
Rem. Pour les Fig. 5 et 6, les feldspaths potassiques ont été colorés en jaune au cobaltinitrite de Na et apparaissent en grisé sur les photos, alors que les plagioclases restent blancs.

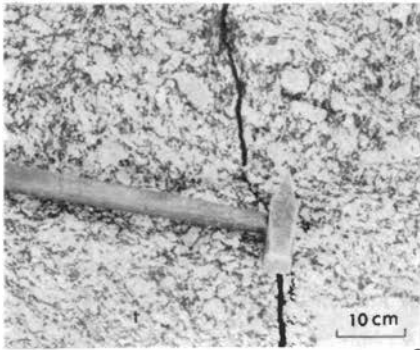
PLANCHE I



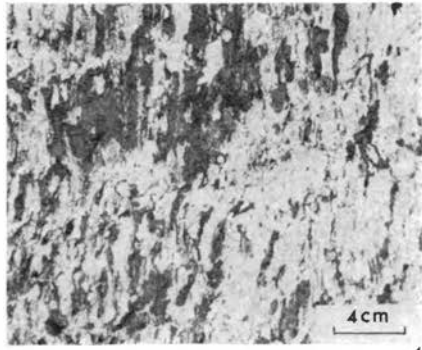
1



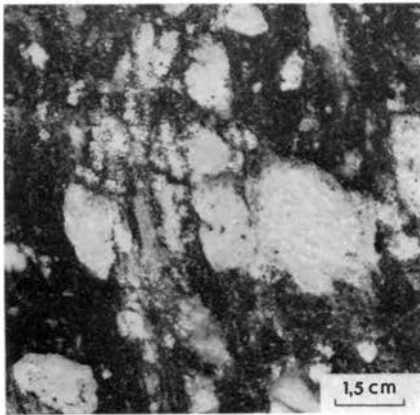
2



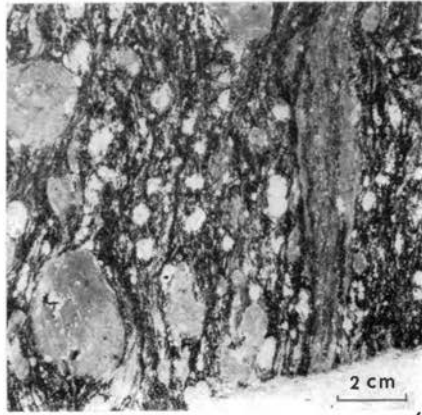
3



4



5



6

PLANCHE II.

Microphotographies des gneiss oeuillés normaux et charnockitiques.

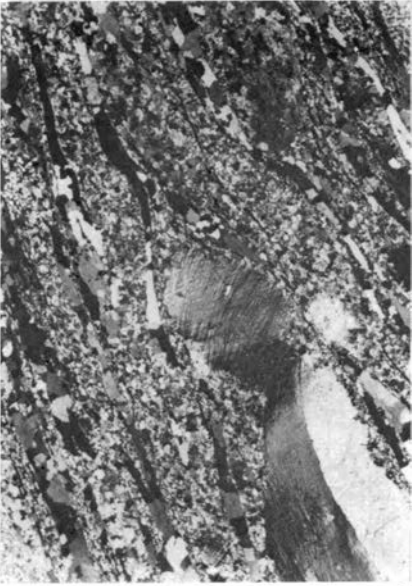
Fig. 1. Gneiss oeuillé normal (variété acide) montrant un oeil de microcline maclé Carlsbad très déformé et de nombreux filonnets de quartz discordant dans une mésostase entièrement recristallisée. (Höl, massif de Vegårshei), L. P. \times 4.

Fig. 2. Oeil de plagioclase partiellement granulé dans un gneiss oeuillé normal (variété basique) (Öygardslia, massif de Gjerstad). L. P. \times 4.

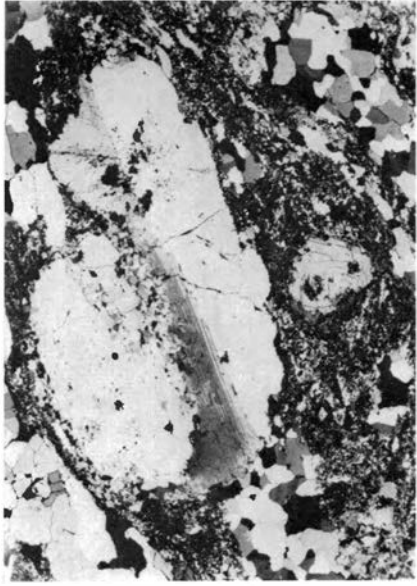
Fig. 3. Gneiss oeuillé normal dans lequel les yeux de plagioclase sont remplacés par une mosaïque de petits cristaux isogranulaires recristallisés (granulation d'ensemble de l'oeil). (Öygardslia, massif de Gjerstad). L. P. \times 4.

Fig. 4. Gneiss oeuillé charnockitique, variété riche en grenats (Ubergsmoen). L. N. \times 6.

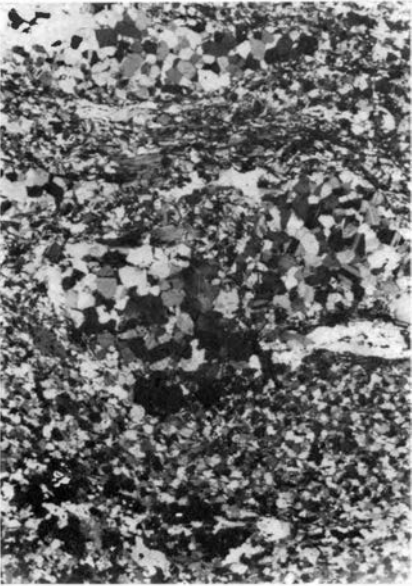
PLANCHE II



1



2



3



4