

LES ROCHES METAMORPHIQUES (5)

VI. NOMENCLATURE DES ROCHES METAMORPHIQUES

Une **classification systématique** des roches métamorphique s'avère **très difficile** du fait de la composition chimique et des conditions de formation très variées de ces roches. Sur la base d'observations au microscope des **associations minérales stables** on peut établir une **classification génétique** qui regroupe dans une même famille des roches métamorphiques de compositions chimiques et minéralogiques variées et formées dans les mêmes conditions de température et de pressions. C'est ainsi que l'on groupe les roches métamorphiques selon les familles suivantes :

A. Les roches du métamorphisme thermique

1. Les cornéennes (voir V. A. 1.)

Les **cornéennes** sont des roches d'apparence homogène, dont la structure finement cristalline est granoblastique à diablastique, qui confère à leur cassure un aspect corné. Elles se forment par le métamorphisme de contact de roches de nature variée, mais le plus souvent d'origine sédimentaire et constituées de minéraux argileux. Elles ne présentent pas de schistosité car la recristallisation n'est pas accompagnée de déformations tectoniques. Leur composition minéralogique et leur coloration sont variables.

Selon les séquences des roches initiales, et le degré du métamorphisme, on obtient des cornéennes variées :

- Dans la **séquence pélitique**, les schistes noduleux à andalousite et cordéites passent à des cornéennes micacées, de teinte sombre, à trame de cristaux d'andalousite avec de petits cristaux de micas, de quartz, de cordéite, souvent d'apatite et de tourmaline. Lorsque le métamorphisme est plus intense, on obtient des cornéennes feldspathiques, à andalousite et nombreux feldspaths (microcline).
- Dans la **séquence calcaro-pélitique**, les pélites calcareuses et les marno-calcaires sableux donnent des cornéennes calciques, les tactiques, très variées, passant du vert sombre au vert vif ou au rose à rouge, ou blanc verdâtre selon la prédominance des minéraux-index.
- Dans la **séquence carbonatée**, les calcaires et les dolomies donnent des cornéennes qui sont des marbres et des **skarns**, et au contact du granitoïde, par **métasomatose** de plus en plus marquée, elles s'enrichissent en SiO₂, Fe et Al, et autres éléments.

- Autres séquences : des roches déjà métamorphisées, comme des micaschistes et des gneiss, se transforment en cornéennes avec réarrangement des minéraux et disparition progressive de la foliation originelle ; des laves basiques donneront des cornéennes à albite et épidote, puis à métamorphisme plus fort des cornéennes à plagioclases et hornblende, puis enfin à orthose et pyroxène.

2. Les schistes tachetés

Ils sont le résultat d'un **métamorphisme de contact** peu intense provoquant un début de recristallisation des minéraux argileux et une concentration de certaines substances (andalousite, cordiérite, graphite) cause des petites taches (0,5 à 3 mm) ou petites boules noirâtres (schistes noduleux). La schistosité est généralement acquise antérieurement à l'intrusion des roches magmatiques, mais elle peut aussi être liée à la mise en place de l'intrusion.

B. Les roches du métamorphisme régional

Ces roches présentent généralement des textures anisotropes, schisteuses, à la différence des roches produites par métamorphisme thermique, par suite des pressions orientées qui agissent au cours du phénomène. On parle de **schistes cristallins**, terme ancien qui recouvre les schistes sériteux ou chloriteux, les micaschistes et les gneiss. Cette appellation a tendance à être abandonnée.

1. Les schistes (voir fig. 7)

On préfère le terme générique de **schiste** qui dans notre cas (roches métamorphiques) désigne toute roche ayant acquis une schistosité sous l'influence de contraintes tectoniques comme dans le métamorphisme régional. Ces schistes sont caractérisés par un débit plus ou moins facile en feuillets dû à une fracturation (schistosité de fracture), soit à une orientation des cristaux de la roche parallèlement à ses plans de clivage (schistosité de flux). On distingue à métamorphisme croissant :

a. Les schistes de métamorphisme régional très faible (anchizonal)

Il est difficile d'établir la limite précise entre la diagenèse et le domaine du métamorphisme. Aussi, certaines roches se trouvent dans une zone indéterminée. S'agit-il de roches sédimentaires ou de roches faiblement métamorphisées ?

C'est le cas de la série suivante :

- Les **argiles schisteuses** ou **argillites** n'ont pas une grande cohésion et se distinguent des argiles ordinaires par un début de consolidation, un feuilletage assez net et l'absence de plasticité.

- Les **schistes argileux** sont des roches cohérentes, finement cristallisées qui contiennent du quartz, de la séricite, de l'illite, du chlorite, de la calcite, de la pyrite et de la magnétite. Leur coloration est variable, allant du noir (matière organique, graphite), au bigarré (divers sel de fer) en passant par le vert (chlorite), le rouge ou violet (oxyde de fer). Les principales variétés sont :
 - les **schistes bitumineux** dont on peut tirer par distillation des hydrocarbures ;
 - les **schistes carburés** renfermant une forte proportion de graphite ;
 - les **schistes alunifères** qui contiennent de l'alun produit en partie par la décomposition de la pyrite.
- les **schistes ardoisiers** ou **ardoises**, à grain fin et homogène, à surface légèrement satinée, noirs, gris, violacés. La présence de nodules de calcaire ou de cubes de pyrite de fer diminue leur valeur marchande.

b. Les schistes de métamorphisme régional faible (épizonal)

- Les **phyllades** se rapprochent des ardoises mais s'en différencient par un grain cristallin moins fin. La recristallisation est plus poussée et suivant la nature et l'abondance des minéraux secondaires, on distingue :
 - les **schistes sériciteux** ou **séricitoschistes**, phyllades à séricite dominante laquelle donne une teinte général grise, à surfaces blanchâtres nacrées ou satinées ; le **phyllade à otrérite** (d'Otré en Ardenne) est un phyllade à séricite, tacheté de petits cristaux vert foncé à noir d'otrérite (variété de chlorotoïde riche en Mn) ;
 - les **schistes chloriteux** ou **chloritoschistes**, verdâtres, riches en fines aiguilles et lamelles de chlorite avec fréquemment des amphiboles vert pâle et des granules microscopiques d'épidote ;
 - les **talcschistes**, chargés en talc, blanchâtres et au toucher savonneux ;
 - les **calcschistes** dérivant de marnes ou de pélites calcareuses, et donnant en général des plaquettes de calcaire microcristallin à surfaces satinées (schistes lustrés) ;
 - la **coticule** (du latin *coticula*, pierre de touche) ou **novaculite** est un schiste siliceux dur (quartzo-phyllade) et à grain très fin. Il est caractérisé par l'abondance de quartz et surtout de grenat. C'est l'une de nos spécialités que l'on trouve à Vielsam et qui est utilisé comme pierre à aiguiser ;

- le **quartzophyllade** est un phyllade riche en quartz, disposé en fines couches quartzitiques ; il résulte du métamorphisme d'un schiste à fines couches de grès.

c. Les micaschistes

Ce sont des roches communes du **métamorphisme régional épi- à mésozonal** de roches sédimentaires argileuses. Elles se distinguent des phyllades par leur grain plus grossier, une schistosité et foliation marquées, la présence de muscovite ou de biotite et d'autres minéraux, parmi lesquels le quartz, visibles à l'œil nu.

A côté de ces minéraux, on en trouve souvent d'autres tels que le grenat en grains rouges rhombododécaédrique, le staurolite, maclé en croix, l'andalousite, en prisme, etc. Ces minéraux, souvent porphyroblastiques (grands cristaux), manifestent particulièrement clairement le caractère métamorphique de la roche.

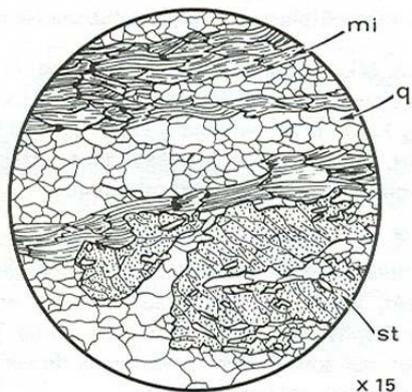


Fig. 14- Micaschiste

Vu en lame mince – mi : mica - q : quartz granoblastique – st : staurolite en porphyroblastes à inclusions de quartz (d'après J. JUNG)

d. Les gneiss

Ce sont des roches, très communes, du **métamorphisme régional méso- à catazonal**. Le plus souvent à grain moyen ou grossier (du mm au cm), le gneiss est une roche dont la foliation est bien marquée par l'alternance de bandes grenues composées de quartz et feldspath, et de bandes micacées de muscovite et de biotite. Les paillettes de mica sont généralement orientées parallèlement à la foliation qui correspond à la schistosité des micaschistes et des phyllades (voir fig. 8).

Les **gneiss** peuvent se former à partir de roches sédimentaires ou magmatiques : **paragneiss** formés à partir de grès feldspathiques, de pélites ou de grauwackes, et **orthogneiss** à partir de granites, de rhyolites, de porphyres quartzifères. Cependant, il est souvent difficile de les différencier les uns des autres à cause de leur aspect identique. Seules les conditions géologiques de gisement et leur association avec d'autres types de roches permettent de faire la différence.

Les **leptynites** sont des gneiss à grain fin, de couleur claire, très peu micacés, riches en silice (70%).

Les **gneiss oillés** sont des gneiss dans lesquels se rencontrent des grands cristaux de feldspath autour desquels la foliation est déviée (voir fig. 9).

e. Les amphibolites

Les **amphibolites** sont des roches du **métamorphisme régional méso-à catazonal**, de couleur vert sombre, composées essentiellement d'amphibole et de plagioclase calcique blanc.

Les nombreuses variétés sont dénommées d'après la prédominance de leurs minéraux, du degré de métamorphisme et de leur chimisme : actinolite, glaucophanite, etc. L'amphibole est le plus souvent de la hornblende en aiguille assez fines.

Ce sont des roches parfois massives, parfois schisteuses (amphiboloschiste). Elles ressemblent à une diorite à grain fin ; et ne s'en distinguent facilement que lorsque l'orientation commune des aiguilles d'amphibole leur confère une schistosité nette.

Elles sont produites par le métamorphisme de diverses roches : roches magmatiques (gabbros, basaltes...) ou de roches sédimentaires (grauwackes, argiles calcaires...). La remarque concernant les paragneiss et les orthogneiss s'applique également ici (distinction difficile)

f. Les éclogites

Les **éclogites** sont des roches peu communes du **métamorphisme régional élevé**, formée dans un domaine assez vaste de T et de P. Massives et dures, elles sont essentiellement constituées de pyroxène sodique vert (omphacite), et de cristaux de grenat rose (solution solide de pyrope + almandin + grossulaire) bien visibles à l'œil nu. Leur composition chimique globale est équivalente à celle d'un gabbro ou d'un basalte, souvent en déficit de SiO₂.

g. Les granulites

Les **granulites** résultent d'un **métamorphisme catazonal** de HT et HP. Ce sont une variété de gneiss à grain fin, de teinte claire avec quartz, feldspath et plagioclase calcique dominants. La structure est finement granoblastique : les cristaux de quartz et de feldspath se présentent souvent en grains fortement aplatis suivant les plans de schistosité ; leur foliation est plus ou moins bien développée, le quartz se présentant en petits lits lentiformes.

Les **granulites** forment des affleurements importants dans les socles anciens (précambrien). En Europe, on les rencontre en Saxe et en Scandinavie.

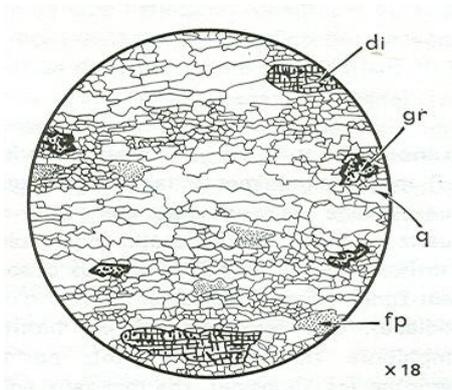


Fig. 15 – Granulite

Vue en lame mince – di : disthène – fp : feldspath potassique – gr : grenat – q : quartz en plaquettes finement engrenées

h. Les quartzites

Ce sont des roches siliceuses compactes, constituées de cristaux de quartz intimement soudés. Elles peuvent être d'origine sédimentaire ou métamorphique. Dans le premier cas, les quartzites sont le résultat d'une cimentation par diagenèse d'un grès ; dans le cas du métamorphisme, la roche provient d'une recristallisation d'un grès, parfois d'une radiolarite ou d'un filon de quartz, et les cristaux de quartz peuvent être parfois accompagnés d'autres minéraux en quantité mineure. La distinction entre les deux types est difficile à faire sur un échantillon isolé.

Les **quartzites** formés par **métamorphisme régional** sont fréquents dans les Alpes internes, dans des niveaux stratigraphiques du Trias inférieur.

i. Les marbres (du grec *marmoros*, brillant)

Les **marbres** se forment par **métamorphose régionale ou de contact** à partir de calcaires ou de dolomies, pures ou à impuretés siliceuses ou argileuses. Un calcaire pur peut se transformer en un marbre blanc à grands cristaux engrenés de calcite. Une dolomie pure recristallise en plus grands cristaux pour un faible degré de métamorphisme, puis à degré croissant, subit une dédolmitisation avec apparition de calcite et d'autres minéraux. Les calcaires et dolomies impurs donnent des marbres variés et colorés souvent veinés.

Les **marbres blancs** les plus célèbres sont ceux de Paros, du Pentélique, de l'Hymette en Grèce, qui datent du Crétacé ; ceux de Carrare (Italie) d'âge triasique.

Les **cipolins** (de l'italien *cipolla*, oignon) désignent au sens propre des marbres, de couleur verdâtre, traversés par des feuilletés de mica et

de serpentine. Un bel exemple est la « pierre de Karistos », dans l'île d'Evia face à Athènes.

Le terme « marbre » est également utilisé pour désigner toute roche susceptible d'être polie et d'être utilisée en architecture. Dans cette acceptation, il n'a pas de sens pétrographique précis.

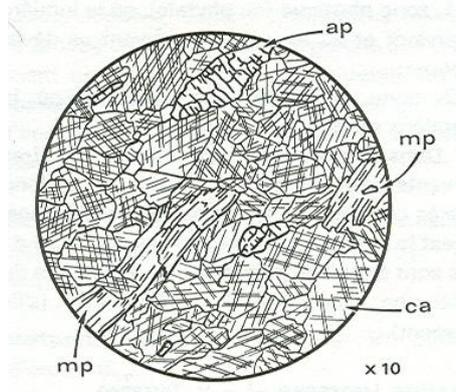


Fig. 16 – Marbre

Vue en lame mince – ap : apatite – ca : calcite – mp : mica phlogopite (d'après J. JUNG)

j. Les serpentines

Ce sont des roches dérivant par altération et/ou métamorphisme, de roches magmatiques basiques ou ultrabasiques, composées presque uniquement de minéraux du groupe des serpentines, avec quelques cristaux reliques de pyroxène ou d'olivine. La roche est compacte, assez tendre, verte avec des tons variés, sombres et claires en plages irrégulières rappelant la peau de serpent.

C. Les roches de l'ultramorphisme

Rappelons que l'**ultramétamorphisme** est un ensemble de phénomènes métamorphiques ayant lieu à des températures et des pressions très élevées. Elles donnent lieu à la formation de **migmatites**.

1. Les migmatites (du grec *migma*, mélange)

Ces roches qui s'observent à l'échelle d'un affleurement et non d'un échantillon isolé, sont à la limite des roches métamorphiques catazonales et des roches magmatiques. Elles marquent donc la **limite supérieure du métamorphisme**. Elles sont composées de **deux termes pétrographiques** en général bien distincts mais étroitement interpénétrés : d'une part une roche métamorphique à texture schisteuse plus ou moins prononcée, d'autre part une roche magmatique à structure granulaire, parfois pegmatique, et à composition granitique.

A la température de **600 °C**, certaines parties de la roche fondent, et sous l'action des liquides magmatiques de composition granitique, constituent après cristallisation un mélange d'un matériel granitique, le **mobilisat**, dans une trame métamorphique restée solide (le **restat** ou

restites). Le **mobilisat** peut migrer et former des petits filons (aplites) qui peuvent se plisser de façon serrée.

Cette **migmatite** se présente sous de nombreux aspects auxquels on a donné des noms :

a. embréchites ou **gneiss rubanés** comprend des roches où le terme métamorphique est encore clairement gneissique, à foliation nette, à lits granoblastiques de quartz et de feldspath, souvent épaissis ou ocellés, à zones granitiques en taches ou en réseau flou ;

b. arténites à structure planaire estompée, à micas en traînées discontinues ;

c. nébulites où les micas sont en amas flous tourbillonnaires ;

d. agmatites présentent un aspect hétérogène, bréchique, à mobilisat granitique emballant des fragments arrondis ou anguleux des anciennes roches métamorphiques ;

2. Les **granites d'anatexie** (du grec *ana*, en haut et *taxis*, enfantement, fusion)

Les **granites orogéniques d'anatexie** correspondent à un recyclage des matériaux de la croûte terrestre. Ils prennent naissance dans les chaînes de montagne dues à des collisions continentales, comme l'Himalaya ou les Alpes. Les matériaux, enfouis pendant ces collisions, subissent des élévations de température et de pression conduisant à leur fusion, donc à un magma. La température de fusion dépend de la nature des matériaux enfouis, de la pression et de la présence, ou non, d'eau. Ce phénomène, appelé **anatexie** (du grec *anatèksis*, fusion) est en fait une **phase ultime du métamorphisme**, où la fusion est totale.

Nous avons vu que la formation des migmatites nécessite une fusion partielle des minéraux constituant la roche. Si la fusion est plus importante, voire totale, les produits de la fusion partielle peuvent se rassembler pour former un magma et, si celui-ci est de nature granitique (par exemple si la roche partiellement fondue est un sédiment pélagique) on obtiendra un granite d'anatexie après refroidissement.

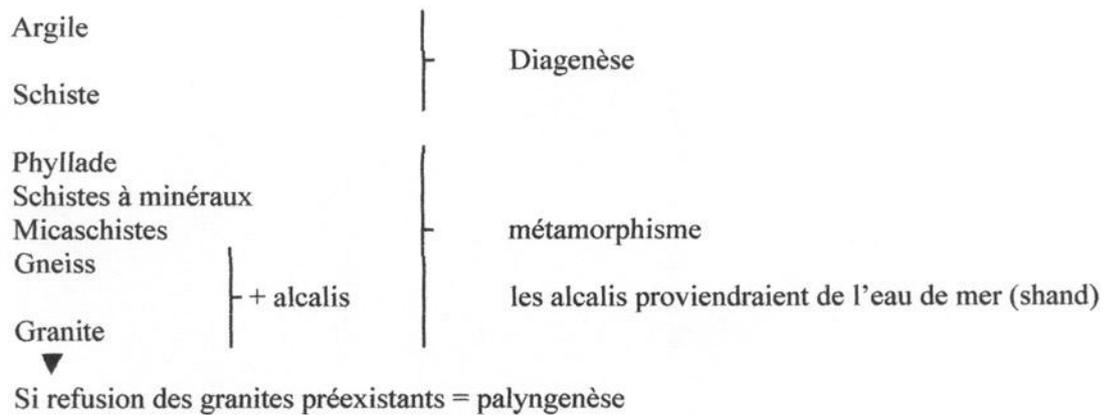
Le début de la fusion dépend de nombreux facteurs, en particulier du chimisme des roches en présence, de la pression totale, et enfin de la présence et de la quantité de vapeur d'eau.

L'ordre de fusion des roches est, en principe, l'inverse de l'ordre de la cristallisation fractionnée et des suites réactionnelles.

Les liquides anatectiques peuvent se rassembler et constituer, au sein des roches métamorphiques, des amas, des massifs de granites caractérisés par la présence de muscovite primaire ; ce sont les leucogranites anatectiques.

Le **granite d'anatexie** a un aspect différent des autres granites. Il a souvent des hétérogénéités, avec des minéraux orientés, et présente des contacts diffus, progressifs avec les roches encaissantes métamorphiques. L'absence d'auréole de métamorphisme de contact indique qu'il n'y a pas de contraste thermique entre le magma et son encaissant. Le passage est progressif entre des roches hautement métamorphiques et le granite d'anatexie par l'intermédiaire de gneiss migmatitiques. Le magma granitique s'est formé sur place et représente le stade ultime du métamorphisme. Si ce magma migre vers la surface, il peut être à l'origine de granites intrusifs.

Formation du granite par anatexie



VII. Roches du métamorphisme dynamique

Sous le **métamorphisme dynamique** ou **cataclastique** on regroupe les roches dont les structures et les textures ont subi un changement par suite de déformations de type essentiellement cataclastique, c'est-à-dire produites par un écrasement mécanique de certains ou de tous les minéraux qui les composent. On distingue :

A. Les brèches tectoniques

Les **brèches tectoniques**, d'aspect souvent analogue aux brèches sédimentaires, sont parfois difficiles à distinguer de celles-ci. Leur origine est pourtant très différente. Elles sont le résultat de la fragmentation des roches dans un contact tectonique. Les débris ont été agglomérés sur place par un ciment, en général cristallin, de précipitation chimique à partir des eaux circulant facilement dans la zone broyée.

Lorsque la déformation mécanique est plus intense et que la roche garde encore sa structure originelle, on parle de **cataclasites**.

B. Les mylonites (du grec *mulôn*, moulin)

La **mylonite** n'est pas à proprement parler une roche métamorphique, car elle ne montre pas, ou peu de recristallisation. Il s'agit d'une roche écrasée, triturée et laminée le long des surfaces de glissement (failles), par suite de

mouvements tectoniques et dont les grains minéraux ont été détruits en une fine poussière, tout en conservant leur cohésion, mais sans recristallisation.

Les **mylonites** dérivent de roches magmatiques ou métamorphiques qui ont subies les effets les plus intenses du métamorphisme dynamique et ont acquis une texture très différente de la texture initiale.

Dans les **mylonites** proprement dites prédomine une masse cristalline à grains très fins, d'aspect semblable à certains verres volcaniques mais constituée par les minéraux originels de la roche, très finement broyée. Le fond présente une texture fluidale soulignée par des bandes parallèles à la schistosité, produite par la trituration des cristaux. Dans ce fond prédominant subsistent des reliques lentiformes des cristaux qui n'ont pas été complètement écrasés ou des agrégats polycristallins qui ont gardé leur composition minéralogique et leur structure originelles.

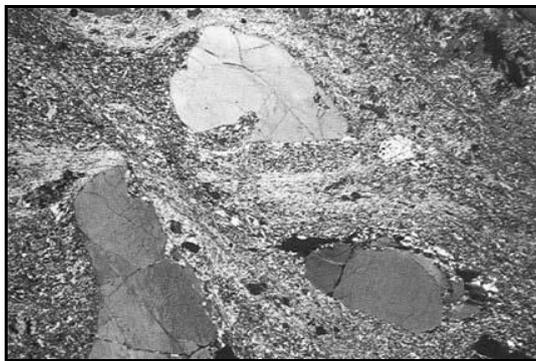


Fig. 17 – Mylonite

Le métamorphisme dynamique agissant sur cette roche ignimbritique a entraîné la formation de bandes séricitiques suivant les surfaces de mouvement et la recristallisation de la masse de fond originellement vitreuse ou microcristalline. Les cristaux plus gros de quartz ont résisté au métamorphisme (lame mince en nicols croisés) (Archive photo B)

VIII. BIBLIOGRAPHIE

- **BELLAIR P., POMEROL Ch.** (1984) - *Eléments de géologie*, Coll. U.
- **CUSTINE E.** – *Le métamorphisme*, in *Le Bulletin du G.E.S.T.*, N° 25, sept. 1987.
- **DUMONT P.** (1982) - *Cours de pétrographie*, ULB.
- **FOUCAULT A., RAOULT J.-F.** (1980) – *Dictionnaire de géologie*, Masson, Paris.
- **MICHEL F.** (2005) – *Roches et paysages – Reflets de l'histoire de la Terre*, Editions Belin/BRGM
- **POMEROL C. , FOUET R.** (1976) – *Les roches métamorphiques*, PUF, Coll. « Que sais-je ? », N° 617.
- **PREVOST J.-P** (directeur de publication) (1976) – *Géologie*, in Grande Encyclopédie Alpha des sciences et des techniques, Grange Batelière, Paris – Editions Kister, Genève - Erasme, Bruxelles-Anvers.
- *Encyclopedia Universalis*, Paris, 1994.

- http://www.universalis.fr/corpus2-encyclopedie/17/J992001/encyclopedie/HUTTON_J.htm
- <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.metam.html>
- http://chronos.activeweb.fr/QuickPlace/accesmad/PageLibrary85256E91005B48A8.nsf/h_Index/C2FF13B5C628BFC885256EE00031D4CF/