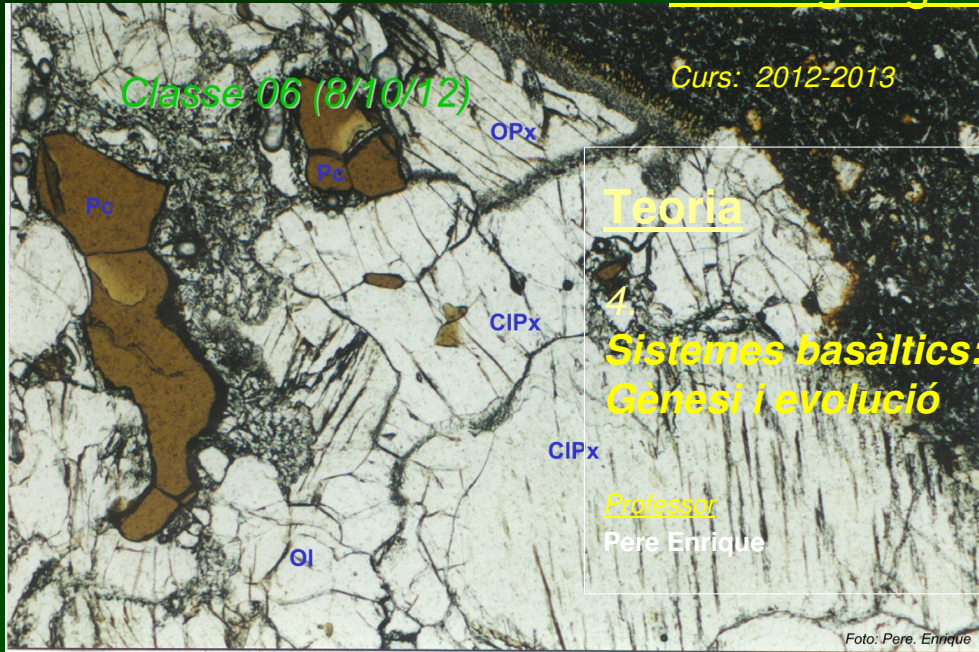


Petrologia Ígnia



Enclavament ultramàfic procedent del mantell terrestre (Zona volcànica d'Olot)

218

Petrologia Experimental: Fusió i cristallització

- **Capítol 4** Sistemes basàltics: Gènesi i evolució
- **Capítol 5** Sistemes granítics: Fosos inicials i residuals

219

Petrologia Experimental: Fusió i cristal.lització

➤ Capítol 4 Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

4.1 "Sistema basàltic": Di-Ab-An

4.2 "Sistema basàltic olivínic": Di-Fo-SiO₂

Di
Clinopiroxè



Ab-An
Plagiòclasi

220

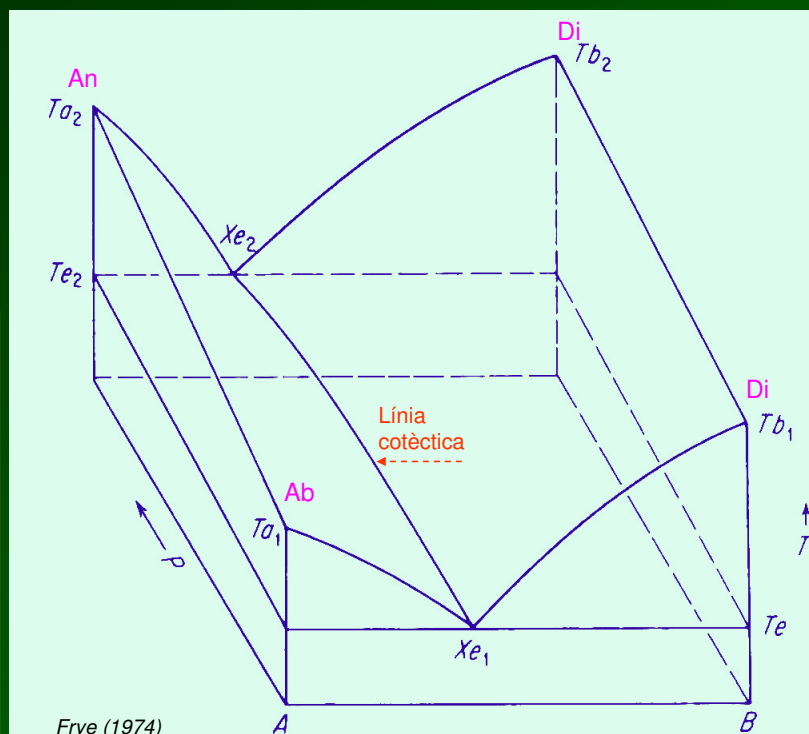
Petrologia Experimental: Fusió i cristal.lització

4. Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

4.1. "Sistema basàltic":

Di-Ab-An Representació tridimensional rectangular

La juxtaposició d'infinites sistemes binaris Diòpsid-Plagiòclasi, entre els termes extrems Di-An i Di-Ab, genera 2 superfícies liquidus amb pendents oposades que interseccen en una línia cotèctica, amb pendent descendent des de l'eutèctic e2 fins l'eutèctic e1.



221

**Petrologia Experimental:
Fusió i cristallització**

4. Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

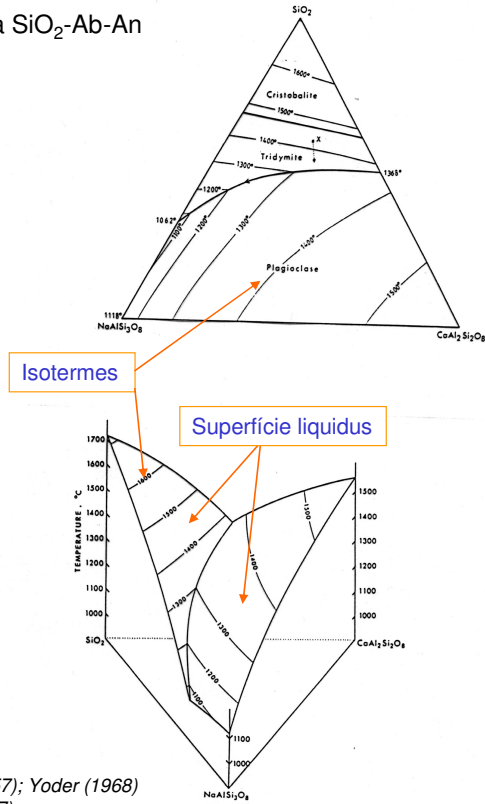
**4.1. "Sistema basàltic":
Di-Ab-An**

**Representació tridimensional:
triangular
i projecció sobre el pla basal**

**Exemple del sistema anàleg:
SiO₂-Ab-An (figura adjunta)**

La representació de les isotermes sobre la superfície *liquidus* és similar a la representació de les corbes de nivell sobre una superfície topogràfica. Per tant, la seva projecció sobre el pla basal es llegeix de forma equivalent a la d'un mapa topogràfic.

Sistema SiO₂-Ab-An



Schairer (1957); Yoder (1968)
En: Hall (1987)

**4. Sistemes basàltics:
Gènesi i evolució**

**4.1. "Sistema basàltic":
Di-Ab-An**

**Projecció sobre el pla
basal de la
representació triangular
tridimensional**

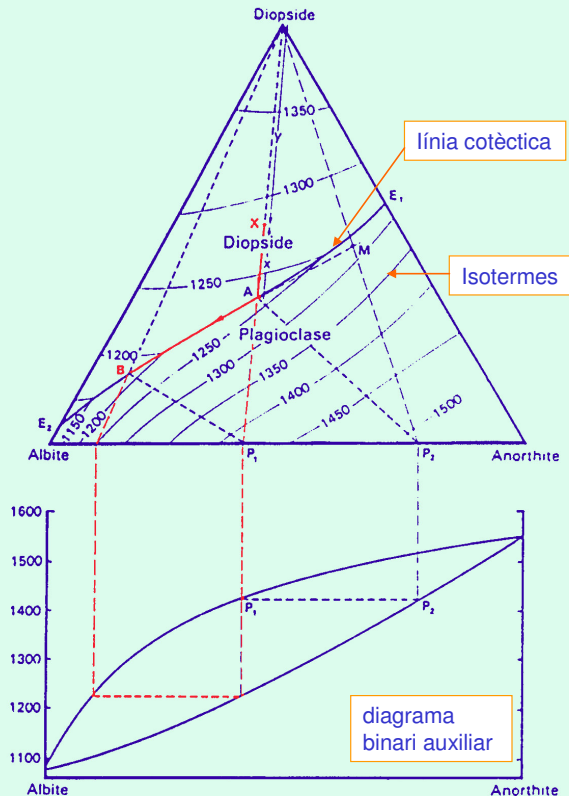
**Sòlid, líquid i composició
global: sempre sobre
una recta**

$$\%L = 100 \frac{y}{x + y}$$

$$\%S = 100 \frac{x}{x + y}$$

Bowen (1915)

En: Hughes (1982)



4.1. "Sistema basàltic":
Di-Ab-An:

Condicions d'equilibri

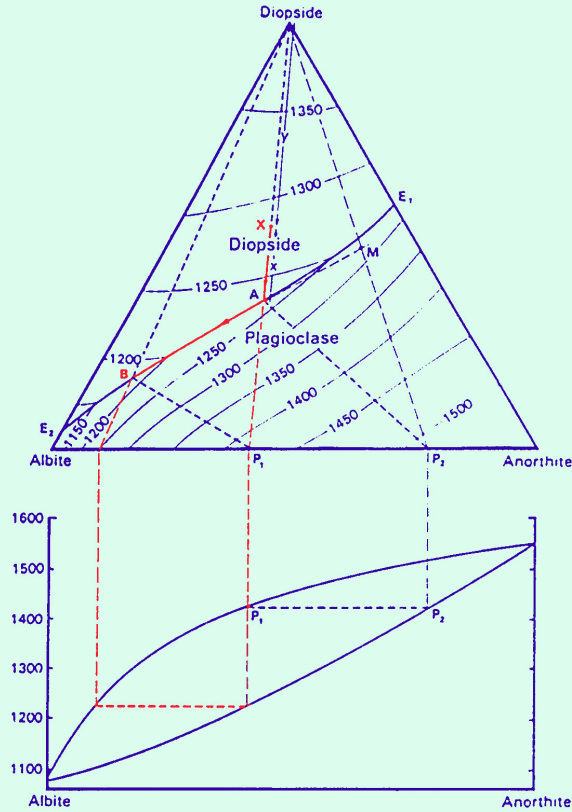
1. Trajectòries de crist·lització.
2. Trajectòries de fusió (idèntiques però en sentit contrari)

$$\%L = 100 \frac{y}{x+y}$$

$$\%S = 100 \frac{x}{x+y}$$

Bowen (1915)

Hughes (1982)



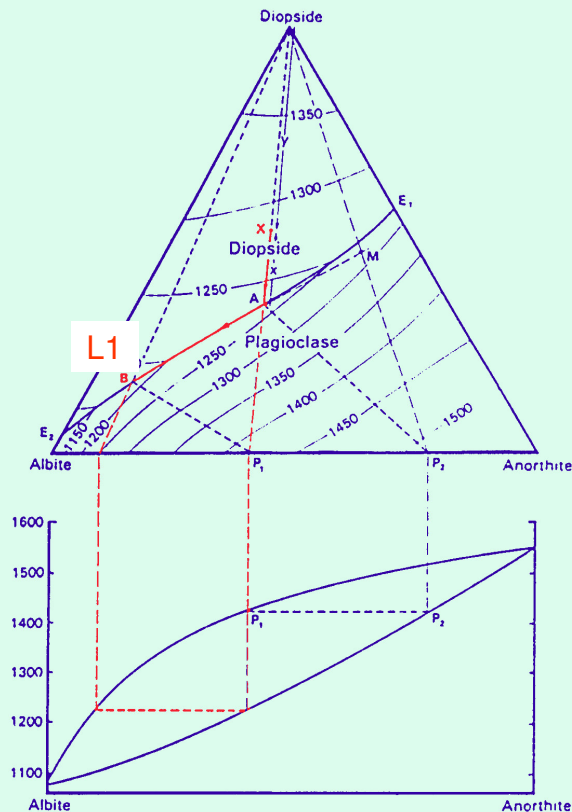
4.1. "Sistema basàltic":
Di-Ab-An:

Condicions de crist·lització i fusió fraccionada

1. Crist·lització: La composició del líquid final tendeix a E2
2. Fusió: La composició del líquid inicial és L1 (igual que si fos en equilibri)

Bowen (1915)

Hughes (1982)



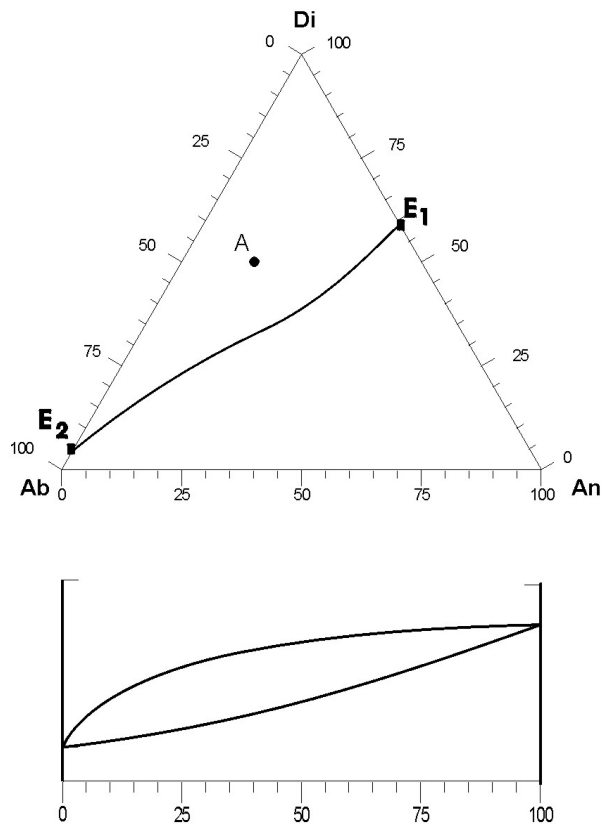
4. Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

4.1.1. "Sistema basàltic": Di-Ab-An:

EXERCICI:

Considerem la
composició "A".

*(Respongueu les
preguntes de la pàgina
següent)*



226

Petrologia Experimental: Fusió i cristallització

EXERCICI sobre el diagrama Di-Ab-An:

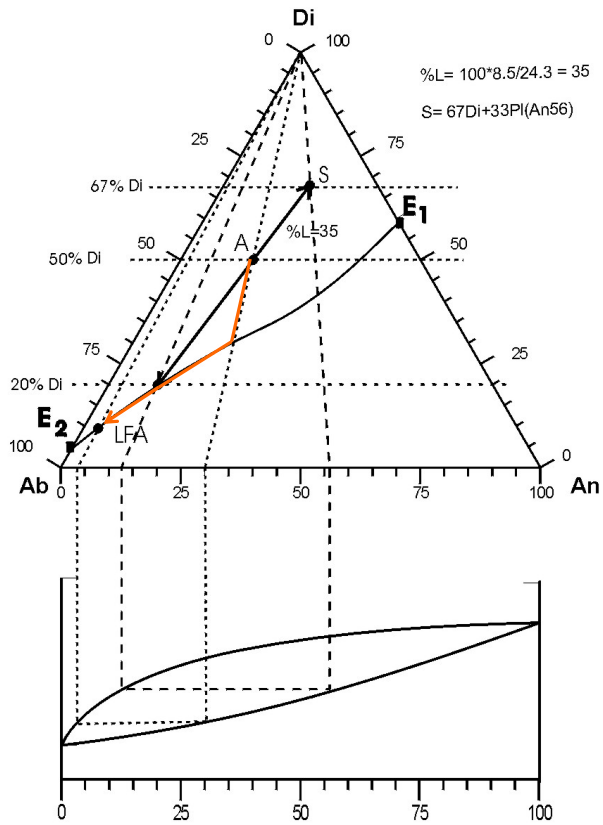
- a) Digues la composició modal (% de minerals) de la roca plutònica "A" i el seu nom en la classificació de Streckeisen.
- b) La roca "A" es fon totalment i, a continuació, cristallitza lentament en equilibri. Indica sobre el diagrama el líquid final (**LF**), i, amb una fletxa en color, l'evolució total del líquid.
- c) Quan el líquid tingui un contingut en el component Di del 20%, digues la composició modal del sòlid en equilibri (indica'l també en el diagrama amb la lletra "S")
- d) Quan el líquid tingui un contingut en el component Di del 20% quins són els percentatges de líquid i sòlid?

227

Respostes

corresponents
a l'exercici:

- a) 50% Di + 50%Pl (An30) / Diorita
- b) (Resposta sobre el diagrama)
- c) $S = 67Di + 33Pl(An56)$
- d) 35%L + 65%S

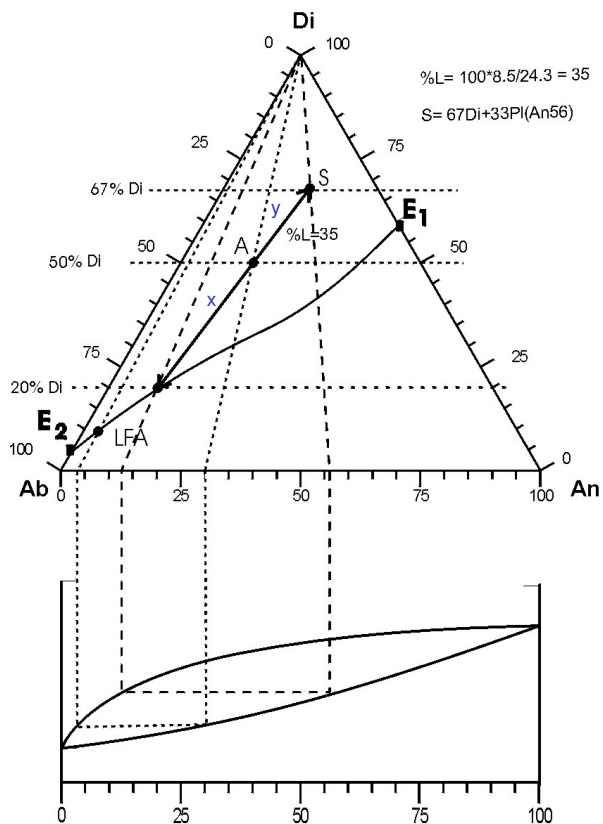


Respostes

corresponents
a l'exercici:

- d) Proporció de Líquid:

$= \frac{100 \cdot S \cdot A}{S \cdot LFA}$
 $= 100 \cdot y / (x + y)$
 "S": Té la relació
 Ab/An
 determinada
 per la relació
 del líquid amb
 20% de Di
 (veure diagrama
 inferior)



Petrologia Experimental: Fusió i cristallització

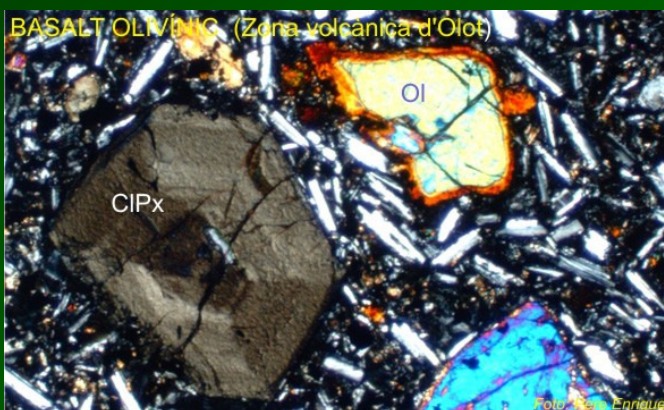
➤ Capítol 4 Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

4.2. “Sistema basàltic olivínic”.

4.2.1. Fo-SiO₂: Sistema binari amb compost intermedi (En) i fusió incongruent.

4.2.2. Di- Fo-SiO₂

Di
Clinopiroxè



Fo - SiO₂
Forsterita
Sílice

230

Fusió incongruent de l'enstatita

EQUILIBRI

Una composició “A”, “ultramàfica” i subsaturada en sílice precipita primer forsterita fins que el líquid assoleix la composició “R” ($Fo_i = x/(x+y)$). Reacciona amb el líquid per donar En. T solidus = TR $Fo_F = x1/(x1+y1)$

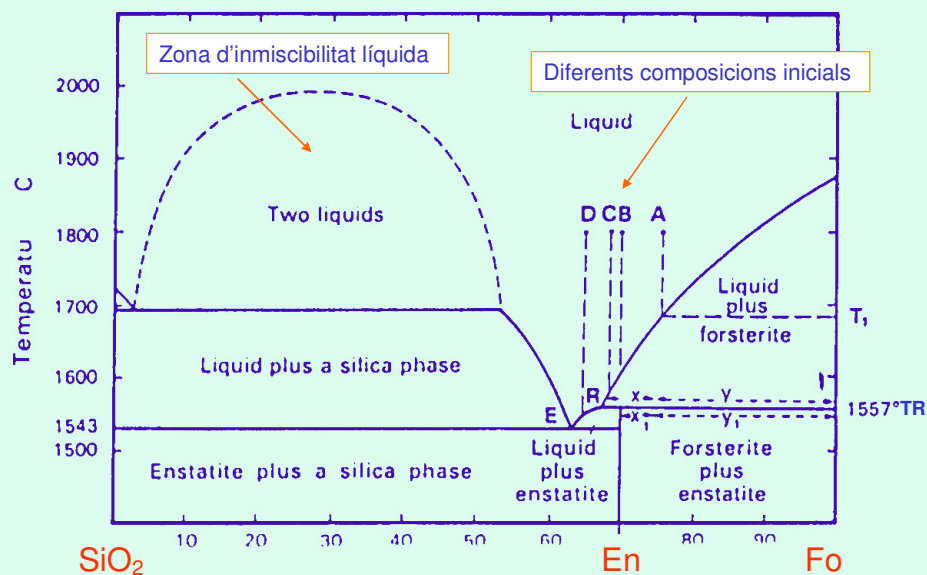
C.FRACCIONADA

La composició “A”, precipita primer forsterita fins que el líquid assoleix la composició “R”. Si Fo es retira del sistema, R precipita En i arriba a E on precipita simultàniament En + SiO₂.

Capítol 4

4.2.1. El sistema Fo-SiO₂

Bowen & Andersen (1914); Grieg (1927) En: Hughes (1982)



231

Petrologia Experimental: Fusió i cristallització

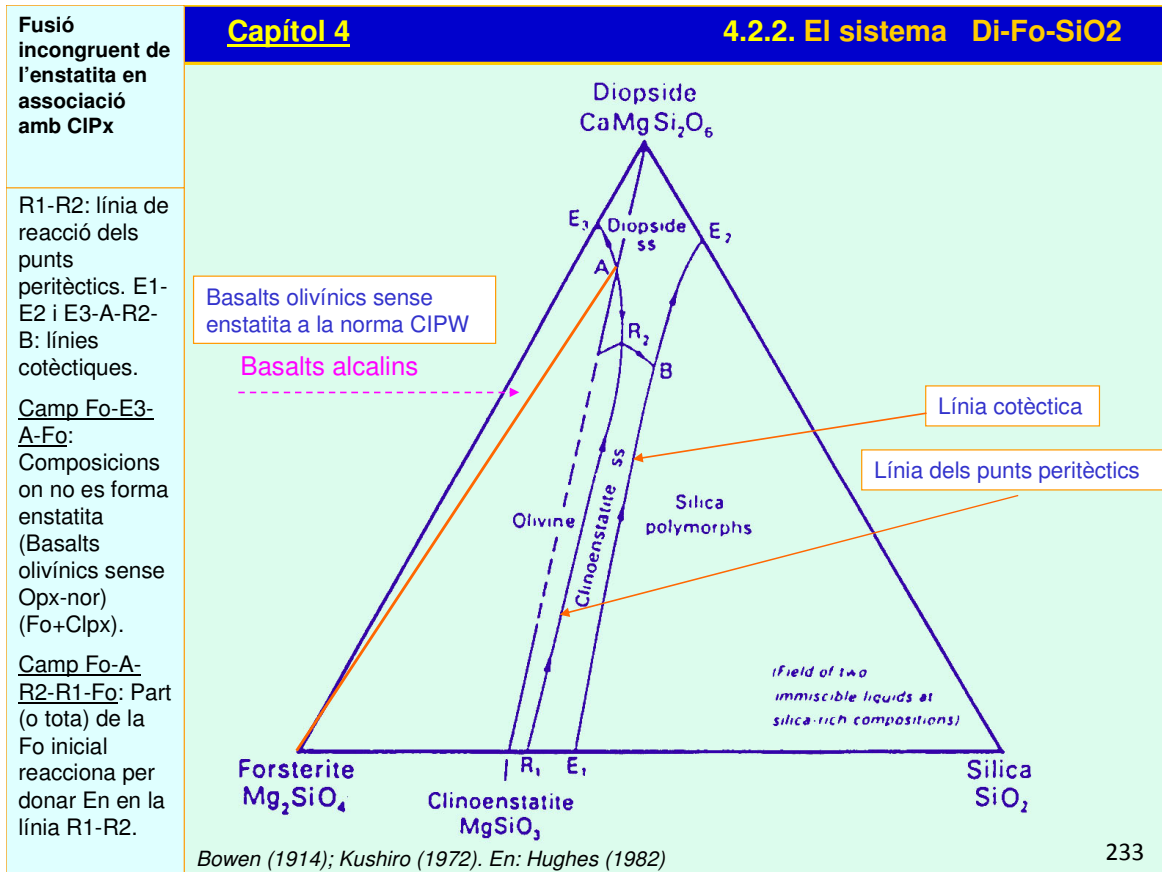
➤ Capítol 4 Sistemes basàltics: Gènesi i evolució

4.2. "Sistema basàltic olivínic".

4.2.1. **Fo-SiO₂**: Sistema binari amb compost intermedi (En) i fusió incongruent.

4.2.2. **Di- Fo-SiO₂**

232



233

EXEMPLE

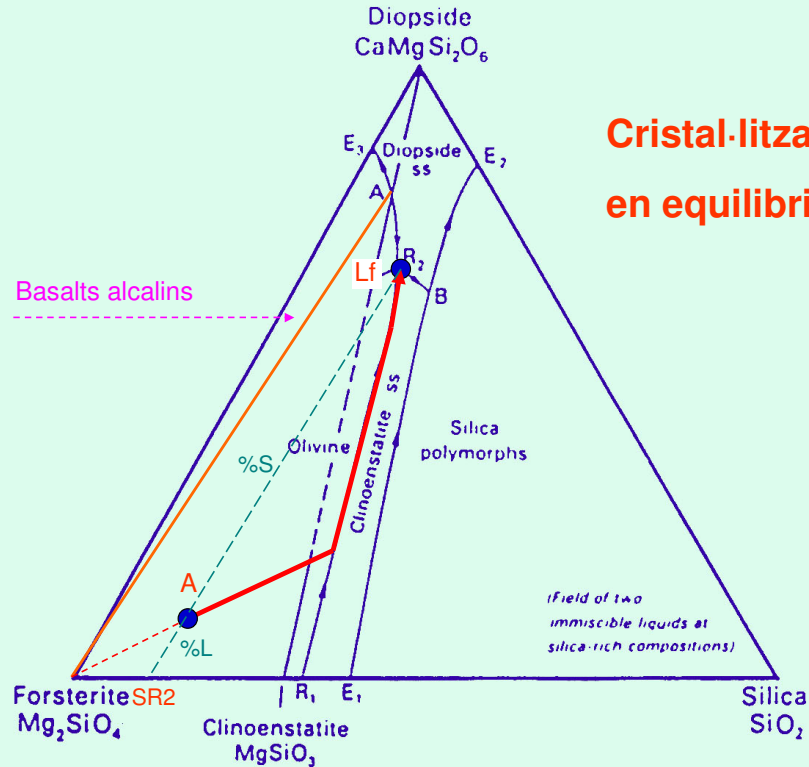
Composició inicial líquid: "A"

Liquid final: "Lf"

Màxim % de líquid en Lf:

%L (en equilibri amb el sòlid SR2 (Fo+En))

Cristal·lització en equilibri



Bowen (1914); Kushiro (1972). En: Hughes (1982)

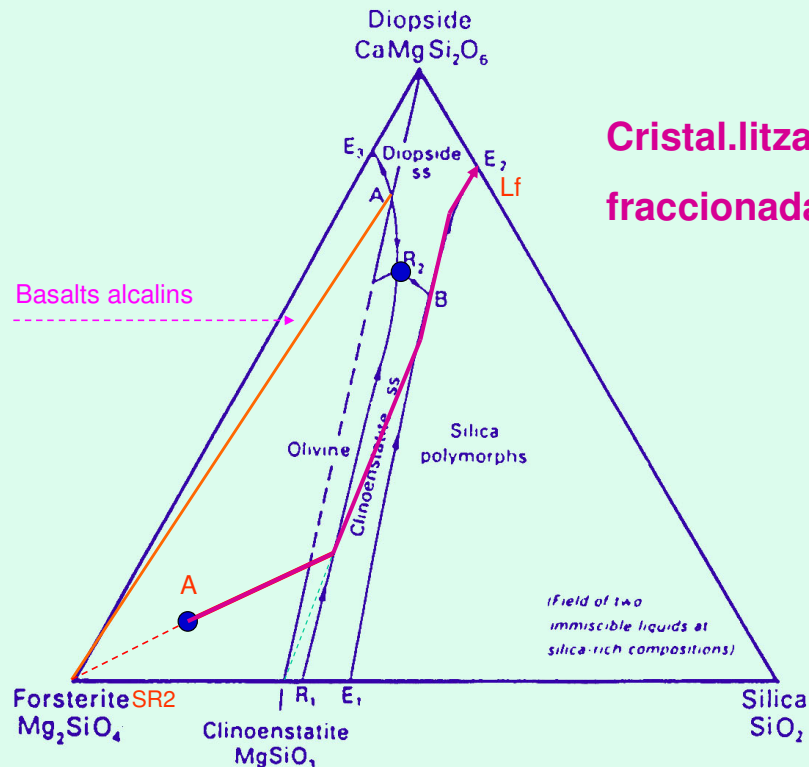
EXEMPLE

Composició inicial líquid: "A"

Líquid peritèctic no reacciona. Cristal·lització "En" i baixa fins la línia cotèctica

Liquid final: "Lf"

Cristal·lització fraccionada



Bowen (1914); Kushiro (1972). En: Hughes (1982)

➤ **Capítol 4 Sistemes basàltics: Gènesi i evolució**

4.2. “Sistema basàltic olivínic”.

4.2.1. **Fo-SiO₂**: Sistema binari amb compost intermedi (En) i fusió incongruent.

4.2.2. **Di- Fo-SiO₂**

4.3. Fusió parcial del mantell.

4.3.1. Composició de les roques del mantell

4.3.2. Processos de fusió al mantell

4.3.3. El sistema Fo-Di-Py

4.3.4. El sistema Fo-Di-En

236

4.3. FUSIÓ DEL MANTELL

▪ **4.3.1. Roques del Mantell:**

➤ Peridotites : **OI + ClPx + OPx ± Fase-Al**

➤ Eclogites : **ClPx + Gt**

237

Gènesi dels magmes basàltics

4.3. FUSIÓ DEL MANTELL

▪ 4.3.1. Roques del Mantell:

➤ **Peridotites** : Roques primordials del Mantell

- **OI** (ric en Forsterita)
 - **CIPx** (Diòpsid ric en crom)
 - **OPx** (Enstatita)
- Alta relació Mg/Fe
- Fase alumínica : ± plagiòclasi
 - ± espinel·la (rica en crom)
 - ± granat (ric en piroop)

238

Gènesi dels magmes basàltics

4.3. FUSIÓ DEL MANTELL

▪ 4.3.1. Roques del Mantell:

➤ “**Eclogites**” : Roques **bàsiques** ultramàfiques derivades en última instància de les peridotites:

- a) per fusió parcial i cristal·lització magmàtica (**clinopiroxenites granatíferes**. Ex. ariegites)
- b) per metamorfisme de l'Escorça Oceànica

- **CIPx** (**Onfacita**) (ric en Na: mol-jadeita)
- **Granat** (**Pirop**) (ric en Mg)

239

Gènesi dels magmes basàltics

4.3. FUSIÓ DEL MANTELL

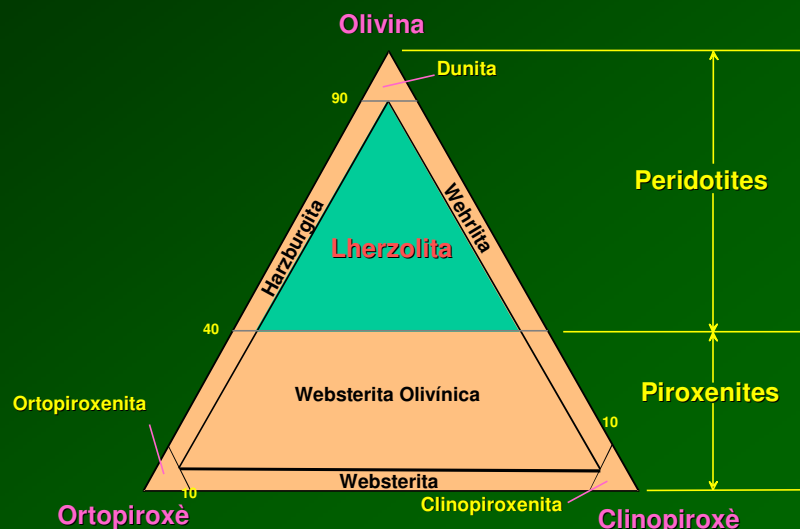
4.3.1. Roques del Mantell Superior:

- **Peridotites** : Roques dominants del Mantell
 - **Lherzolites** (OI + CIPx + OPx + Fase-Al)
 - **Harzburgites** (OI + Opx ± CIPx ± Fase-Al)
 - **Dunites** (OI ± OPx ± CIPx ± Fase-Al)
 - (Wehrlites (OI + CIPx ± OPx ± Fase-Al))

240

4.3.1. Composició de les roques del mantell

Lherzolita: Un tipus de peridotita amb: Olivina + Opx + Cpx

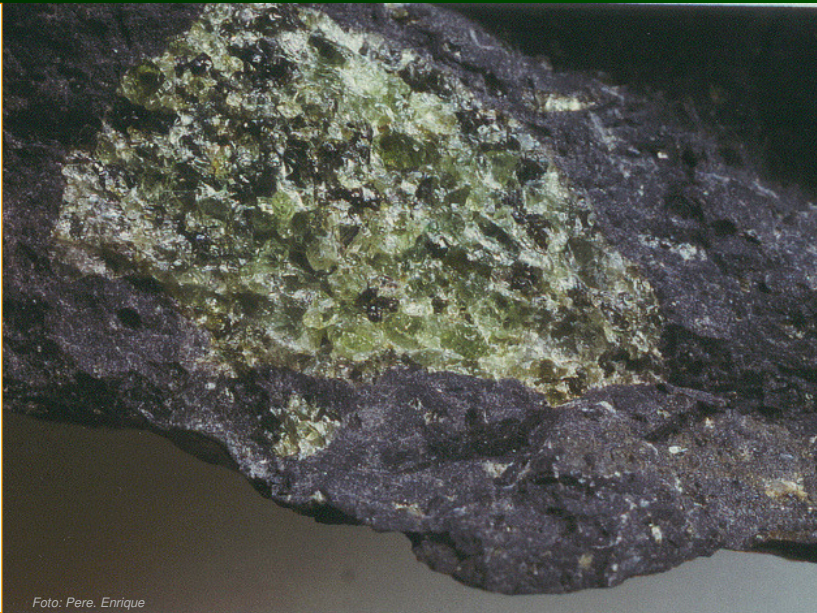


Winter, 2001

241

4.3.1. Composició de les roques del mantell

Els enclavaments peridotítics (Iherzolita, harzburgita, wehrlita, dunita) són, generalment, fragments del mantell (procedents de la zona d'origen del magma o de nivells més superficials) transportats per alguns magmes basàltics (o altres) fins a la superfície terrestre.



Enclavament peridotític, harzburgita (Ol+OPx), procedent del mantell terrestre. (Zona volcànica d'Olot)

242

4.3.1. Composició de les roques del mantell

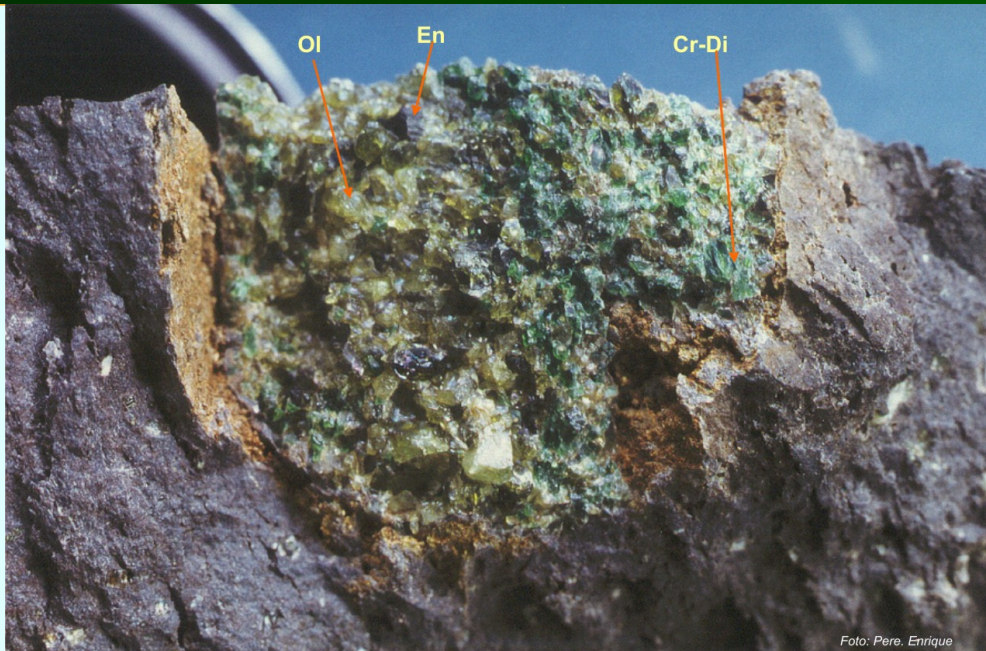
Ol = Olivina

En =
Enstatita

Cr-Di =
Diòpsid
cromífer

Com
accessori
alumínic
conté

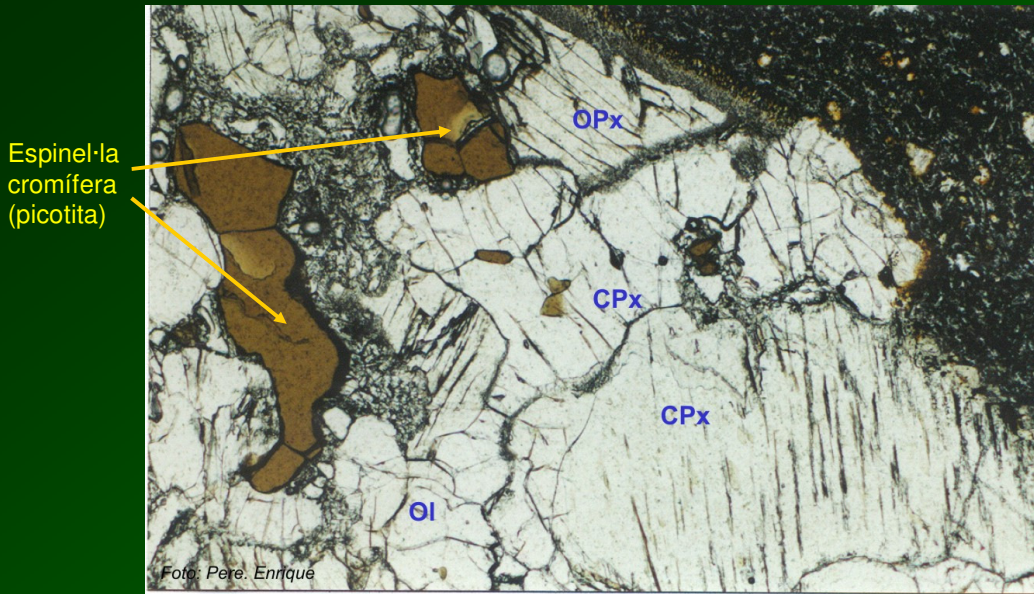
**Picotita
(Espine-la)**



Enclavament peridotític, Iherzolita (Ol+Opx+ClPx), procedent del mantell terrestre (Zona volcànica d'Olot)

243

4.3.1. Composició de les roques del mantell



Enclavament ultramàfic procedent del mantell terrestre
Zona volcànica d'Olot)

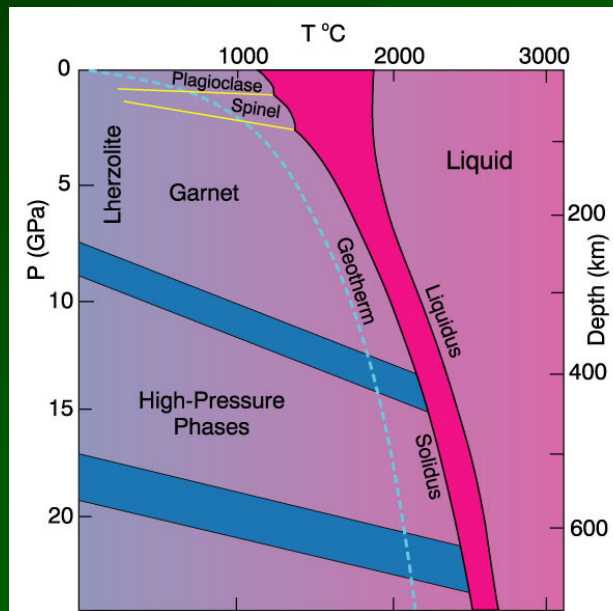
244

4.3.2. Processos de fusió al mantell

Diagrama de fases per la lherzolita alumínica amb 4 fases :

fase- Al =

- Plagiòclasi
☞ poc prof. (< 50 km)
- Espinel·la
☞ 50-80 km
- Granat
☞ 80-400 km
- Si → VI coord.
☞ > 400 km



Winter, 2001

Diagrama de fases de la lherzolita alumínica amb l'interval de fusió (vermell), reaccions sub-solidus, i gradient geotèrmic. Segons Wyllie, P. J. (1981). Geol. Rundsch. 70, 128-153.

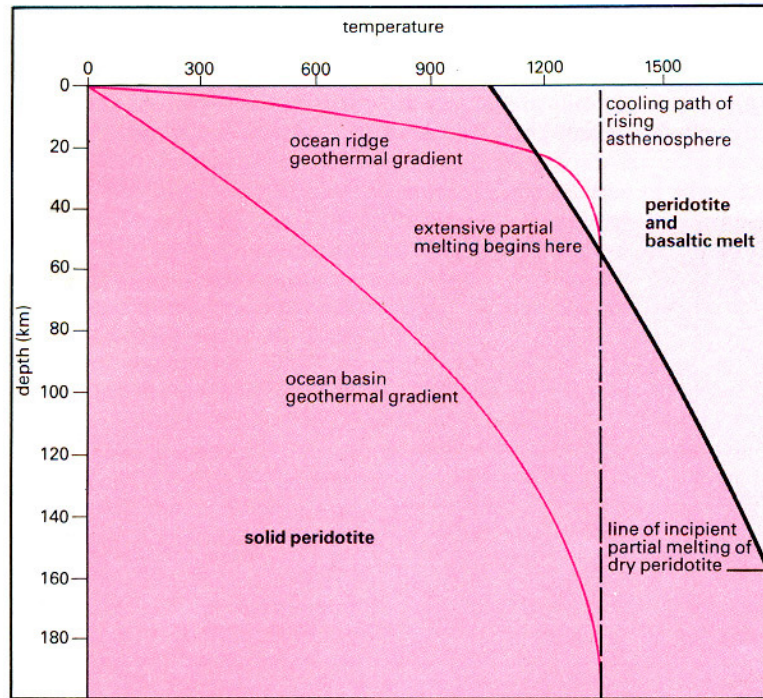
245

4.3.2. Processos de fusió al mantell

Fusió en el Mantell induïda per ascens adiabàtic

Un volum extens de peridotita profunda, a alta temperatura, puja per convecció o diapirisme a T quasi-constant (ascens adiabàtic) fins intersectar la corba del solidus de la peridotita anhidra (amb T de fusió més baixa, a presions inferiors).

Amb graus baixos o moderats de fusió parcial s'obtenen diferents magmes de tipologia basàltica.

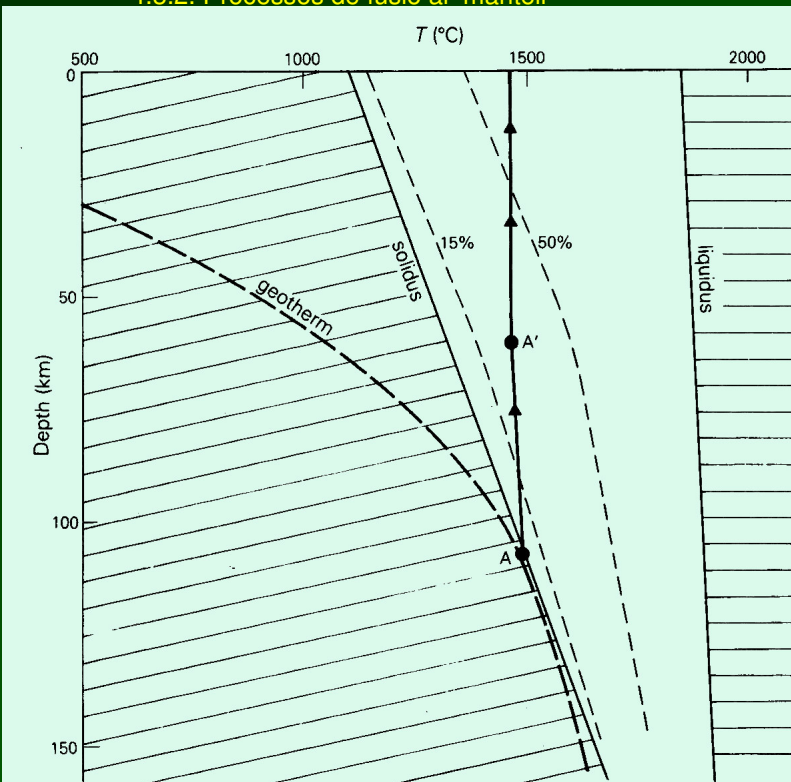


Smith (1981):

4.3.2. Processos de fusió al mantell

Fusió parcial del Mantell lherzolitic per descompresió adiabàtica.

L'ascens de peridotita profunda, per ascens adiabàtic per sobre del solidus de la peridotita anhidra (amb T de fusió més baixa, a presions inferiors) provoca la fusió parcial progressiva. A un grau de fusió aproximat d'un 20% (punt A') el magma es segrega i ascendeix ràpidament cap a la superfície.



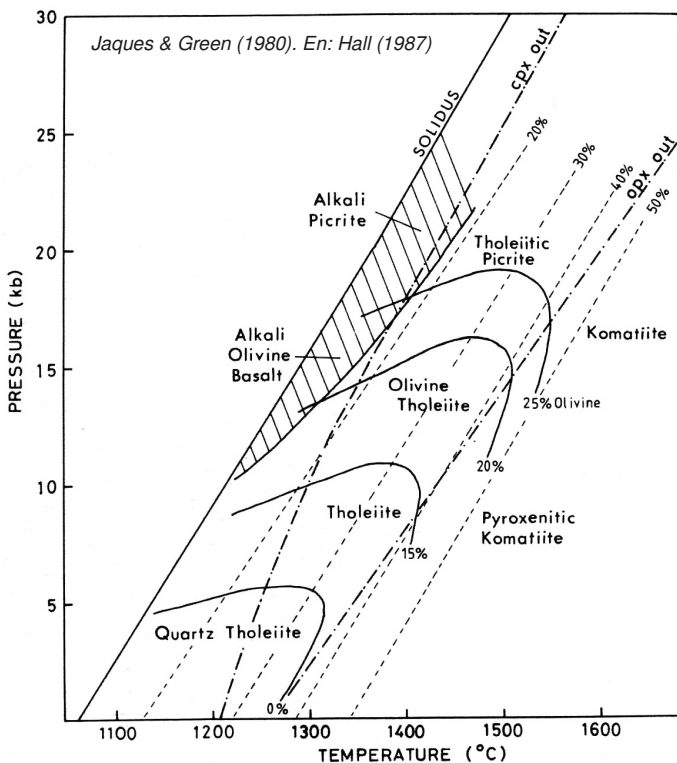
Wilson (1989)

4.3.2. Processos de fusió al mantell

Fusió experimental en roques i en materials artificials

Aquest diagrama PT mostra els fosos obtinguts en diferents condicions de presi6 i temperatura i amb diferents graus de fusió (indicats en línies de traços), a partir de la **PIROLITA**.

La pirolita és una "peridotita" artificial amb una composició equivalent a tres parts de harzburgita i una part de toleita (Green & Ringwood, 1967).



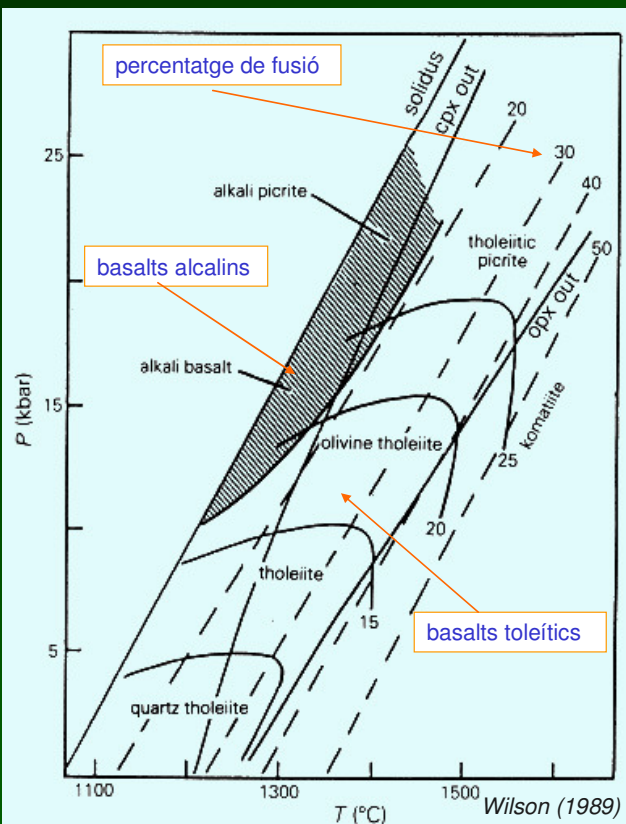
4.3.2. Processos de fusió al Mantell terrestre.

Fusió en un Mantell fèril

Aquest diagrama PT mostra els fosos obtinguts en diferents condicions de presi6 i temperatura i amb diferents graus de fusió (indicats en línies de traços), a partir d'una **LHERZOLITA**.

La zona ratllada indica les condicions per obtenir basalts alcalins

(Jaques & Green, 1980. En Wilson, 1989)



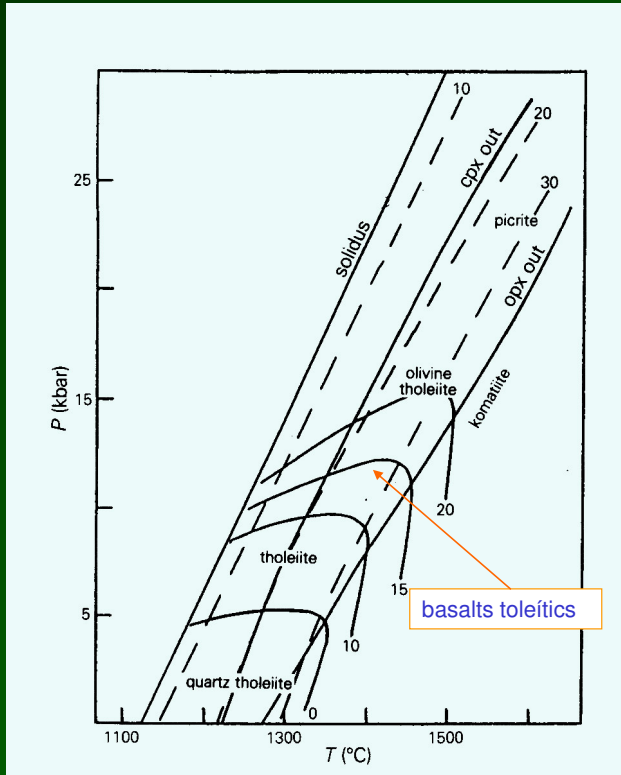
4.3.2. Processos de fusió al mantell

Fusió en un Mantell empobrit

Diagrama PT on es mostren els fosos obtinguts en diferents condicions de presió i temperatura i amb diferents graus de fusió (indicats en línies de traços), a partir d'una **HARZBURGITA (mantell empobrit)**.

S'observa l'absència de magmes de composicions basàltiques alcalines

Jaques & Green (1980)



En: Wilson (1989)

Petrologia Experimental: Fusió i cristallització

4.3. Fusió al Mantell

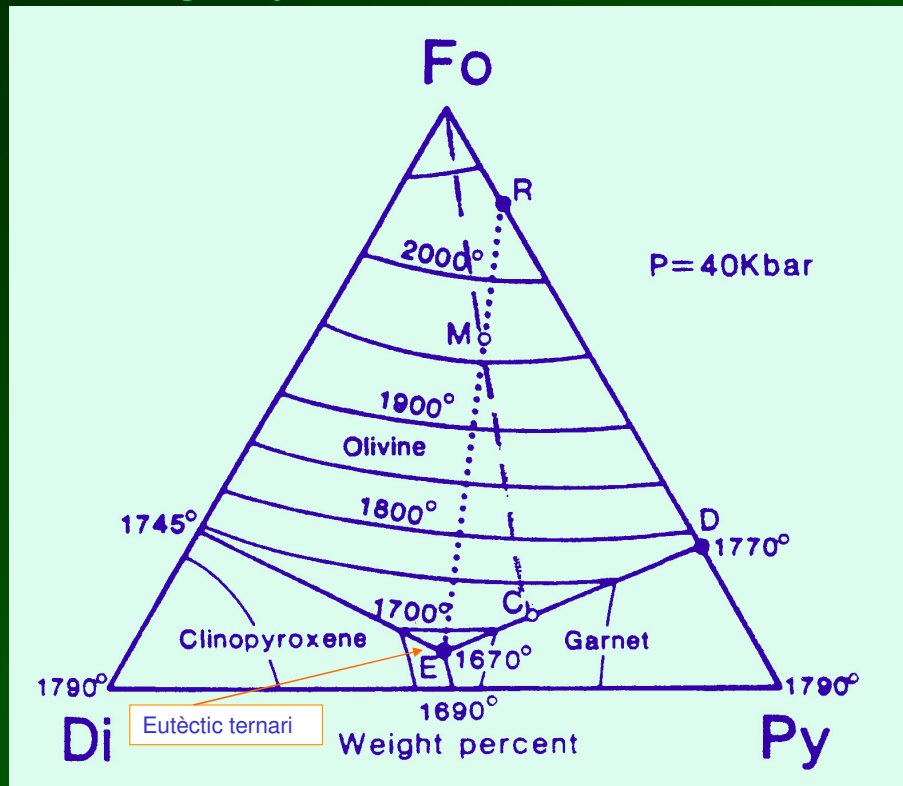
4.3.3.

Sistema

Fo-Di-Py

Diagrama Forsterita – Diòpsid – Pirop

(sistema simplificat del Mantell on es representa una fase alúminica i s'observa la formació d'un eutèctic ternari



Middlemost, 1986

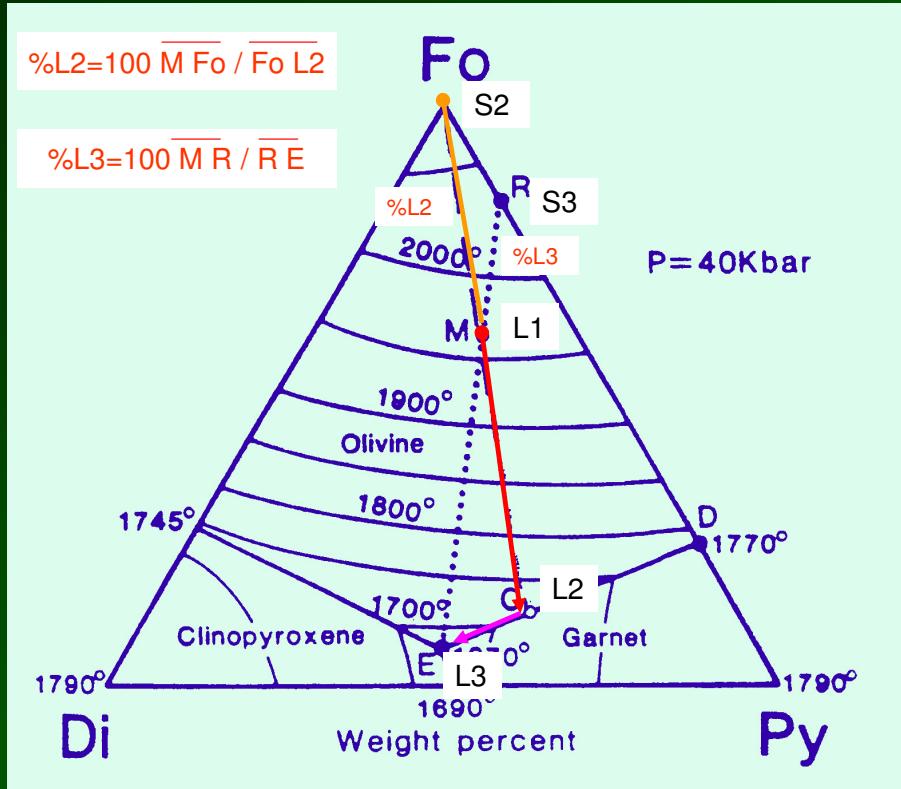
Fusió al Mantell

3ª Part: Petrologia Experimental: Fusió i cristal.lització

Sistema Fo-Di-Py

Exemple

Trajectòria de cristal.lització des de la composició M fins a l'eutèctic ternari E



Middlemost, 1986

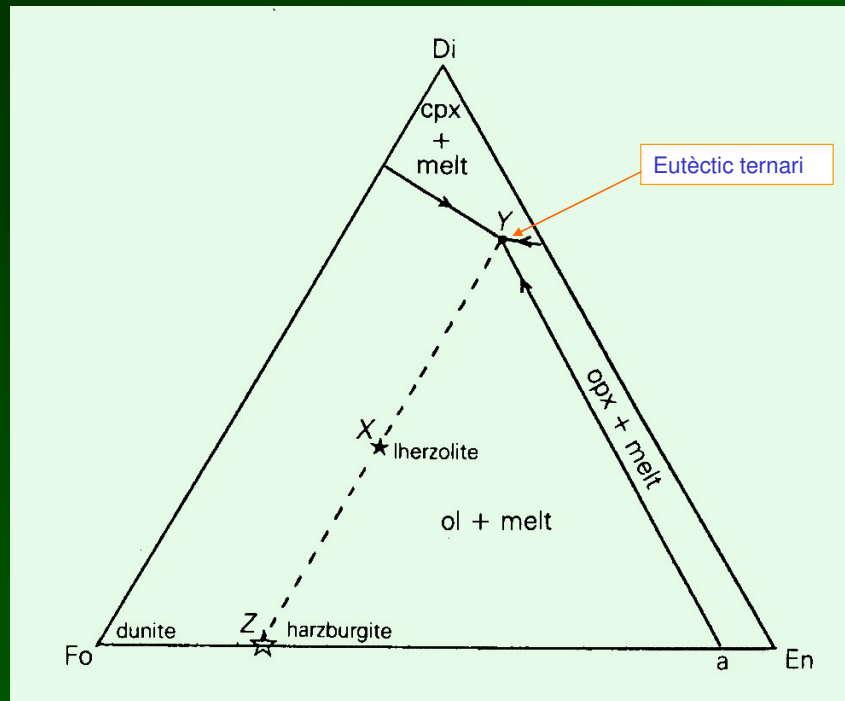
252

4.3. Fusió al Mantell

4.3.3. Sistema Fo-Di-Py

Diagrama ternari esquemàtic de tres fases del Mantell : Forsterita, Diòpsid i Enstatita, a 20 Kb.

Es tracta d'un model simplificat ja que en realitat es tracta de solucions sòlides



Yoder, 1976

En: Wilson (1989)

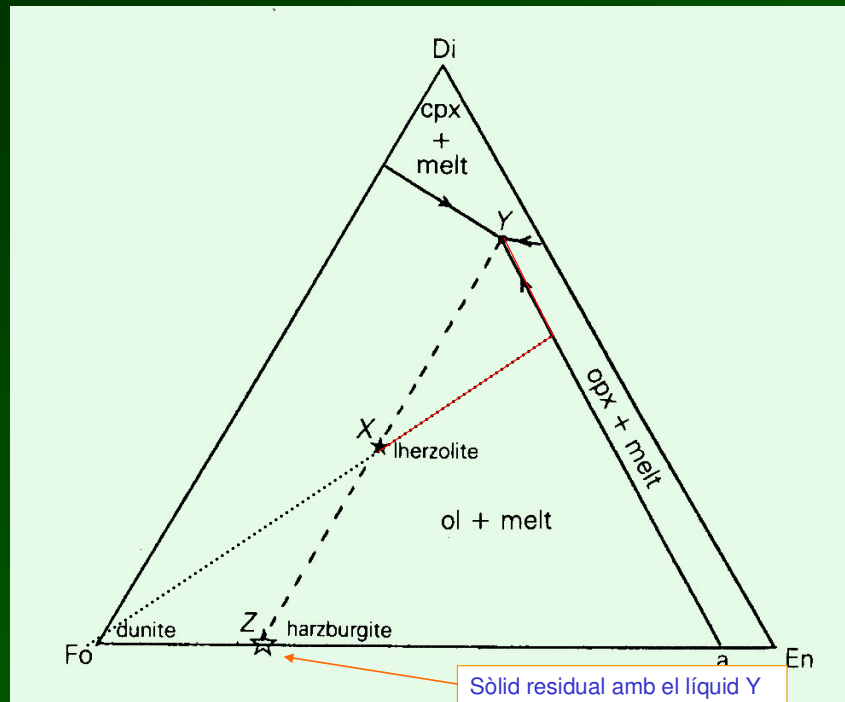
253

4.3. Fusió al Mantell

4.3.3. Sistema Fo-Di-Py

Diagrama ternari esquemàtic de tres fases del Mantell : **Forsterita, Diòpsid i Enstatita**, a 20 Kb.

X= Composició de la roca;
Y= Eutèctic ternari;
Z= Composició del sòlid residual.



Yoder, 1976

En: Wilson (1989)

254

4.3. Fusió al Mantell

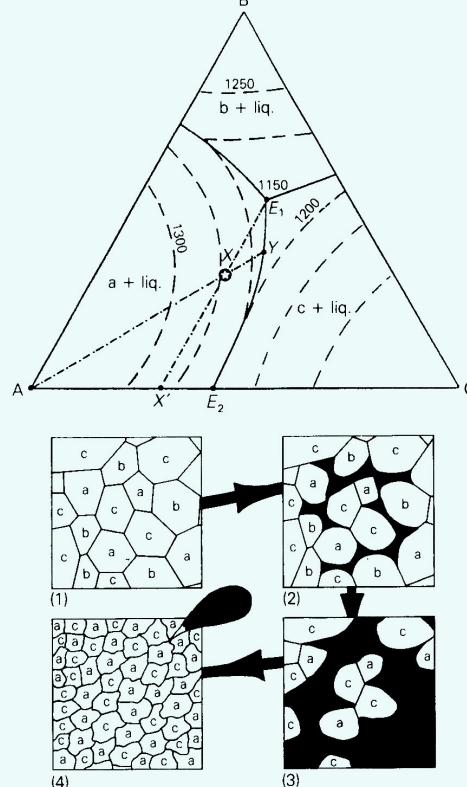
4.3.3. Sistema Fo-Di-Py

Esquema que simula el procés de fusió parcial i segregació subseqüent de la fase líquida, de composició eutèctica, formada en un sistema ternari amb fases sòlides immiscibles. Es visualitza també la roca residual obtinguda (composició restfítica).

En un mantell Iherzòlfic representaria la segregació d'un magma basàltic deixant un residu harzburgític.

Barker (1983).

En: Wilson (1989)



255

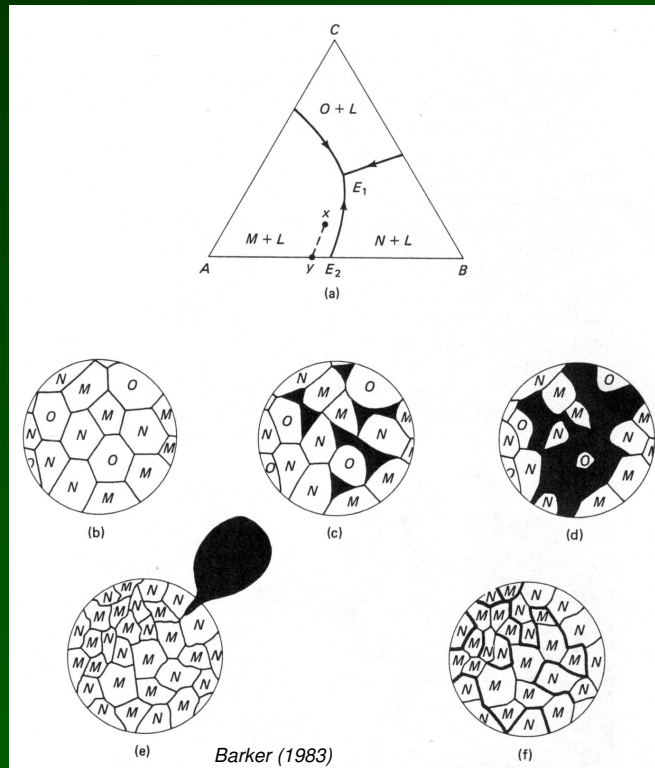
4.3. Fusió al Mantell

4.3.3. Sistema Fo-Di-Py

-Fusió parcial -Roca residual

Esquema que simula el procés de fusió parcial i segregació subseqüent de la fase líquida, de composició eutèctica, formada en un sistema ternari amb fases sòlides inmiscibles. Es visualitza també la roca residual obtinguda (composició restíctica).

(El mateix procés que en la diapositiva 255)

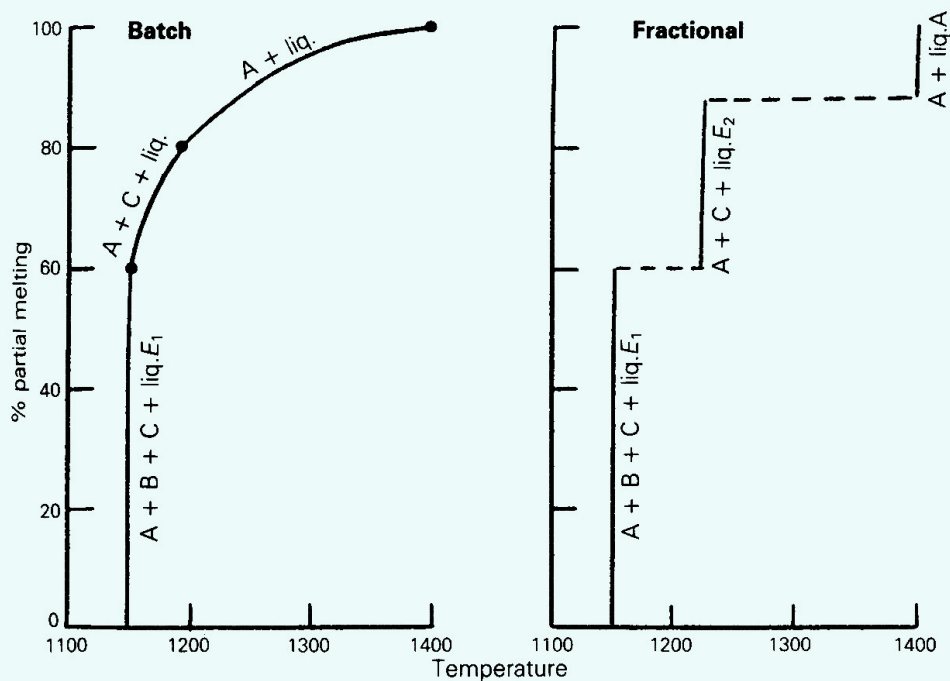


256

4.3. Fusió al Mantell

4.3.3. Sistema Fo-Di-Py

Diagrames en els que es representa la variació de la composició del líquid obtinguda durant una fusió en equilibri ([extracció contínua del líquid en petites proporcions](#) "batch", o en [fusió fraccionada](#) (extraient tot el líquid que es forma)



257

- BARKER, D. S. (1983): *Igneous Rocks*. 417 pp. Prentice-Hall, Inc. N.J.
- BOWEN, N.L. (1915): *The crystallization of haplobasaltic, haplodioritic, and related magmas*. *Am- J. Sci, 4rth Ser.*, 40: 161-185.
- BOWEN, N.L. (1914): *The ternary system diopside-forsterite-silica*. . *Am- J. Sci, 4rth Ser.*, 38: 207-264.
- BOWEN, N.L. & Andersen, O.. (1914): *The binary system MgO-SiO₂*. *Am. J. Sci, 4rth Ser.*, 37: 487-500.
- FRYE, K.(1974): *Modern Mineralogy*. 325 p.
- GREEN, D.H. & RINGWOOD, A.E. (1967): *The genesis of basaltic magmas*. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 15: 103-190.
- GRIEG, J.W. (1927): *Inmiscibility in silicate melts*. *Am. J. Sci, 4rth Ser.*, 13: 1-44.
- HALL, A. (1987): *Igneous Petrology*. 573 pp. Longman Scientific & Technical.
- HUGHES, C.J. (1982): *Igneous Petrology*. Elsevier. Amsterdam, 551 pp.
- JAUQUES, A.L. & GREEN, D.H. (1980): *Anhydrous melting of peridotite at 0-15 kb pressure and the genesis of tholeiitic basalts*. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73: 287-310.
- KUSHIRO, I. (1972): *Determination of liquidus relations in sythetic silicate systems with electron probe analysis: the system forsterite-diopside-silica at 1 atm*. *Am. Mineral*, 57: 1260-1271.

257A=B6A

- MIDDLEMOST, E.A.K. (1986): *Magmas and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology*. John Wiley and Sons Inc.,New York, NY, 266 pp.
- SCHAIRES, J.F. (1957): *Melting relations on the common rock-forming oxides*. *J. Amer. Ceram. Soc.* 40: 215-235.
- SMITH, D. G. (Ed.) (1981): *The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences*, (Cambridge University Press), 496 p.
- WILSON, M. (1989): *Igneous Petrogenesis*. London, Unwin Hyman, pp. 466.
- WYLLIE, P.J. (1981): *Plate tectonics and magma genesis*. *Geol. Rundsch*, 70:128-153.
- WINTER, J.D. (2001): *Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall. N.J. 697 p.
- YODER, H.S (1968): *Albite-anorthite-quartz-water at 5 kb, Lab. Carnegie. Inst. Washington* 65: 269-279.
- YODER, H.S. (1976): *Generation of basaltic magma, National Academy of Sciences, Washington*, 205 pp

257B=B6B