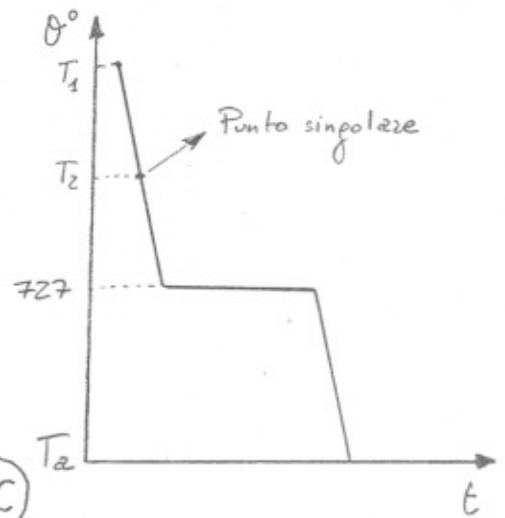


1° CASO  
C = 0.4%



$T_1$ : 100% FASE  $\gamma$  in cristalli  $\xrightarrow{\text{CHE COSTITUISCONO}}$  100% AUSTENITE



Alla temperatura  $T_2$  cominciano a formarsi i primi cristalli di Fase  $\alpha$ :

$T_2$ : 2 FASI  $\left\{ \begin{array}{l} 100\% \text{ FASE } \gamma \text{ in cristalli} \rightarrow 100\% \text{ AUSTENITE} \\ \text{TRACCE di FASE } \alpha \text{ in cristalli} \rightarrow \text{TRACCE di FERRITE} \end{array} \right.$

Quindi a  $T_2$  ho 2 FASI e 2 COSTITUENTI STRUTTURALI:

l'insieme dei cristalli di Fase  $\gamma$  formano l'AUSTENITE mentre i primi cristalli di fase  $\alpha$  formano le prime tracce del nuovo costituente strutturale ovvero la FERRITE.

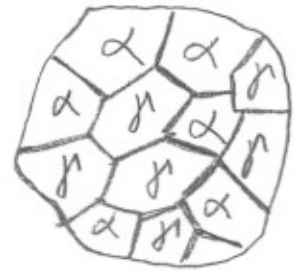
Da  $T_2$  fino a poco prima della trasformazione a  $727^\circ\text{C}$  (EUTETTOIDICA) si ha, per nucleazione ed accrescimento dei cristalli primari, l'aumento della quantità

di fase  $\alpha$ . Andiamo quindi a vedere la situazione poco prima della trasformazione EUTETTOIDICA:

$$727^+ : 2 \text{ FASI} \begin{cases} \text{FASE } \gamma \text{ cristalli} & \frac{0.4}{0.77} \cdot 100 = 51.9\% \\ \text{FASE } \alpha \text{ cristalli} & \frac{0.77 - 0.4}{0.77} \cdot 100 = 48.1\% \end{cases}$$

$$2 \text{ COSTITUENTI STRUTTURALI} \begin{cases} \text{AUSTENITE} & 51.9\% \\ \text{FERRITE} & 48.1\% \end{cases}$$

SCHEMATICAMENTE

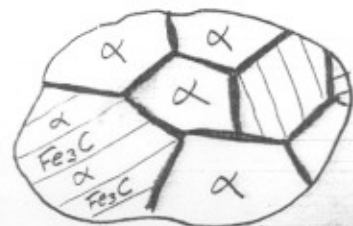


A  $727^-$  la fase  $\gamma$  subisce la trasformazione EUTETTOIDICA, mentre i cristalli di fase  $\alpha$  passano inalterati. In particolare i cristalli di fase  $\gamma$  si trasformano in cristalli lamellari, ovvero in cristalli dentro i quali sono presenti lamelle alternate di fase  $\alpha$  e fase  $\text{Fe}_3\text{C}$  (carburo di ferro).

Quindi a  $727^-$  avremo:

$$727^- \begin{cases} 2 \text{ FASI} \begin{cases} \text{FASE } \text{Fe}_3\text{C} \text{ lamelle} & \frac{0.4}{6.69} \cdot 100 = 6.0\% \\ \text{FASE } \alpha = 94\% \begin{cases} 48.1\% \text{ cristalli} \\ 45.9\% \text{ lamelle} \end{cases} \end{cases} \\ 2 \text{ COSTITUENTI STRUTTURALI} \begin{cases} 48.1\% \text{ FERRITE} \\ (45.9 + 6)\% = 51.9\% \text{ PERLITE} \end{cases} \end{cases}$$

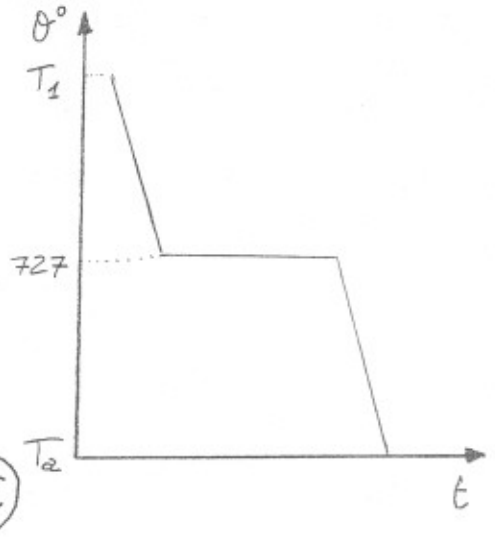
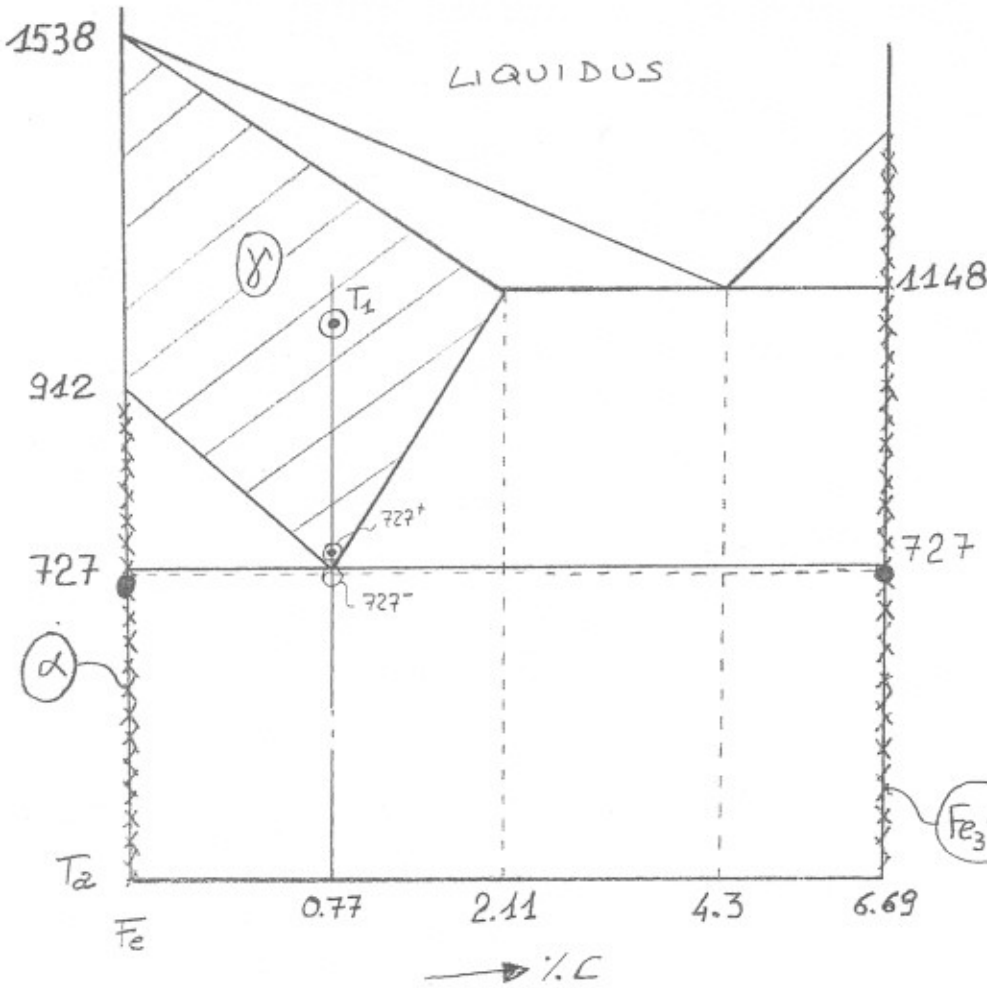
Questa situazione è anche quella che si ha a  $T_2$  (temperatura ambiente).



2° CASO

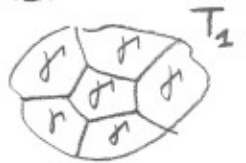
$C = 0.77\%$

LEGA EUTETTOIDICA



E' un caso molto semplice. Infatti da T<sub>1</sub> fino a 727°C non succede niente; poi a 727 la fase  $\gamma$  subisce la trasformazione EUTETTOIDICA generando i cristalli lamellari che rimarranno inalterati fino a T<sub>2</sub>:

T<sub>1</sub>: 1 FASE 100%  $\gamma$  cristalli → 100% AUSTENITE

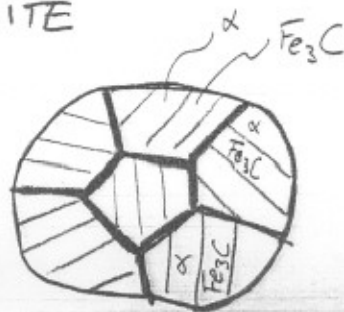


727<sup>+</sup>: come a T<sub>1</sub>

727<sup>-</sup>: { 2 FASI

- Fe<sub>3</sub>C lamelle  $\frac{0.77}{6.69} \cdot 100 = 11.5\%$
- $\alpha$  lamelle  $\frac{6.69 - 0.77}{6.69} \cdot 100 = 88.5\%$

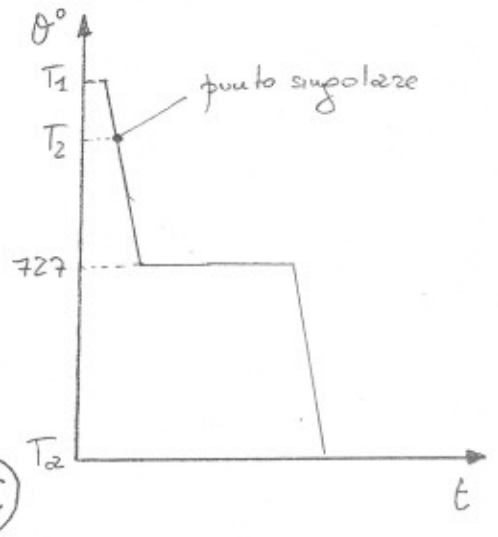
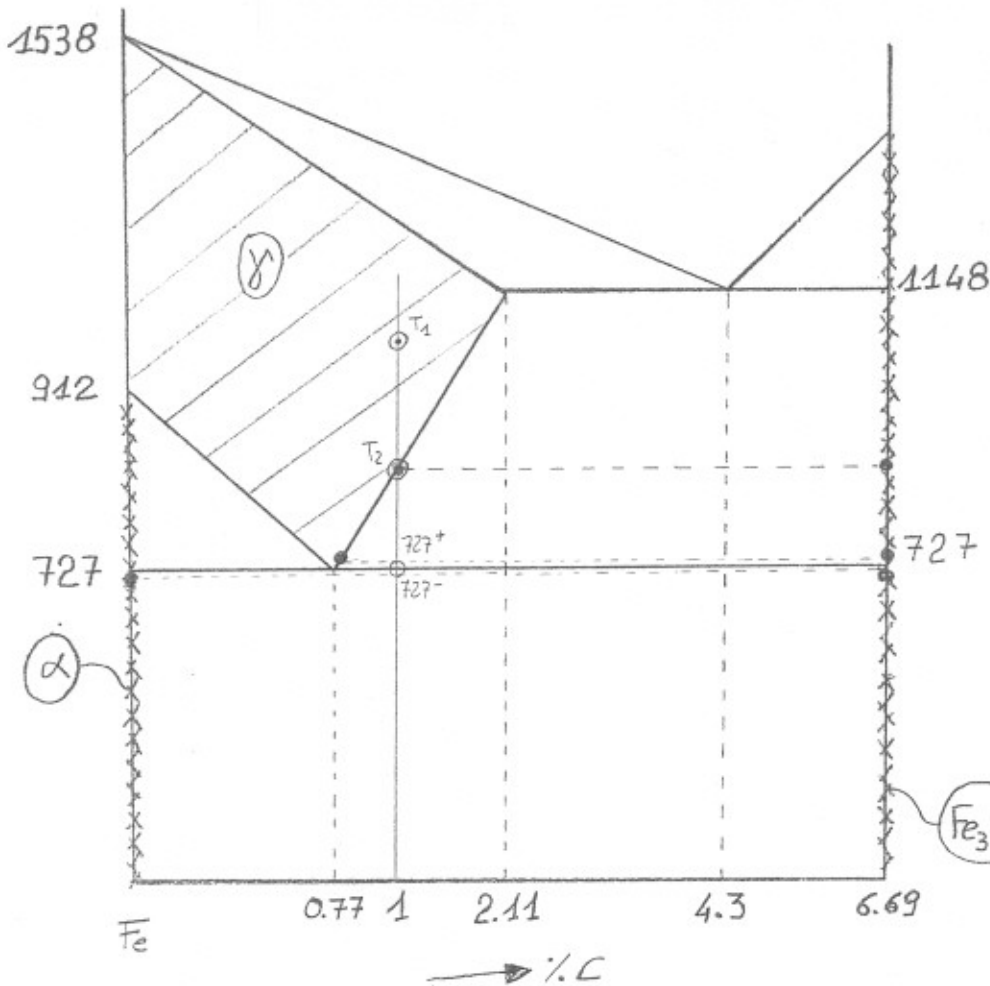
1 COSTITUENTE STRUTTURALE 100% PERLITE



T<sub>2</sub>: COME A 727<sup>-</sup>

3° CASO

C = 1%

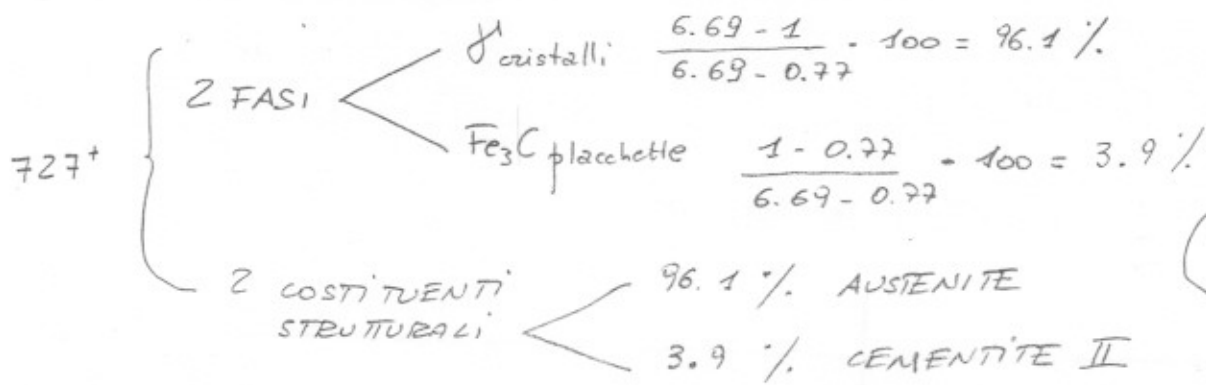


$T_1$ : 1 FASE 100%  $\gamma$  in cristalli  $\longrightarrow$  100% AUSTENITE

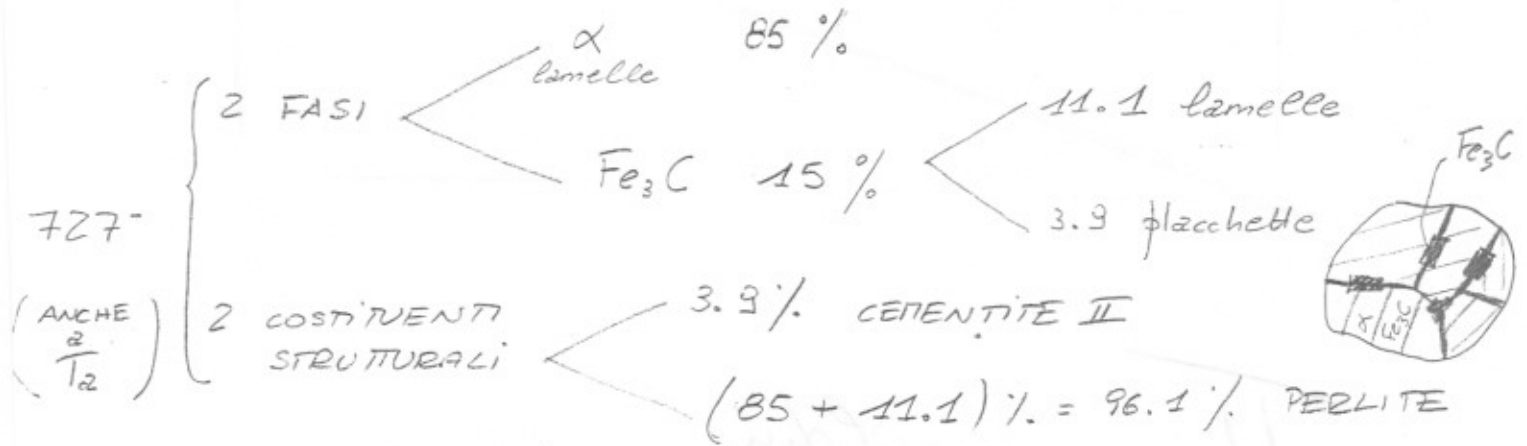
$T_2$ : { 2 FASI  $\left\{ \begin{array}{l} 100\% \text{ Fase } \gamma \text{ cristalli} \\ \text{TRACCE di } Fe_3C \text{ in placchette smiscelate dai} \\ \text{cristalli di } \gamma \text{ ai bordi dei grani} \end{array} \right.$

{ 2 COSTITUENTI STRUTTURALI  $\left\{ \begin{array}{l} 100\% \text{ AUSTENITE} \\ \text{TRACCE di CEMENTITE SECONDARIA, costituite} \\ \text{dalle placchette di } Fe_3C \end{array} \right.$  (II)

Lo smiscelamento di placchette di  $Fe_3C$  da parte dei cristalli di  $\gamma$  continua fino a quando arriviamo a  $727^\circ C$ . A tale temperatura la fase  $\gamma$  subisce la trasformazione EUTETTOIDICA, mentre le placchette di  $Fe_3C$  passano inalterate. Andiamo a vedere la situazione poco prima della trasformazione EUTETTOIDICA:

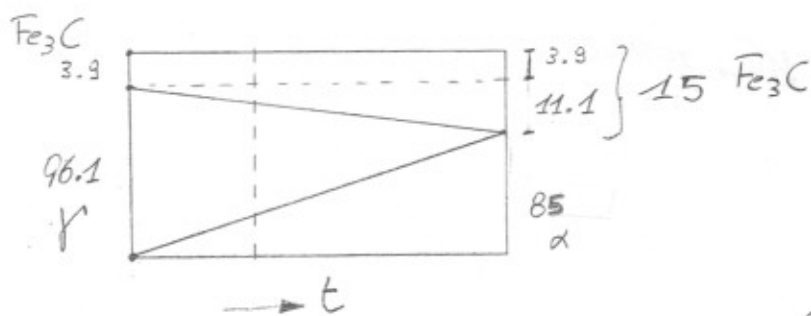


A 727°C la sola fase  $\gamma$  subisce la trasformazione EUTETTOIDICA. I cristalli di fase  $\gamma$  si trasformano in cristalli lamellari in cui sono presenti lamelle di fase  $\alpha$  e lamelle di fase  $Fe_3C$ ; tali cristalli lamellari costituiscono la PERLITE:



Tale situazione rimane invariata fino a temperatura ambiente.

Vediamo la situazione a 1/3 del tempo di arresto a 727:



$$85 : 1 : x : 1/3$$

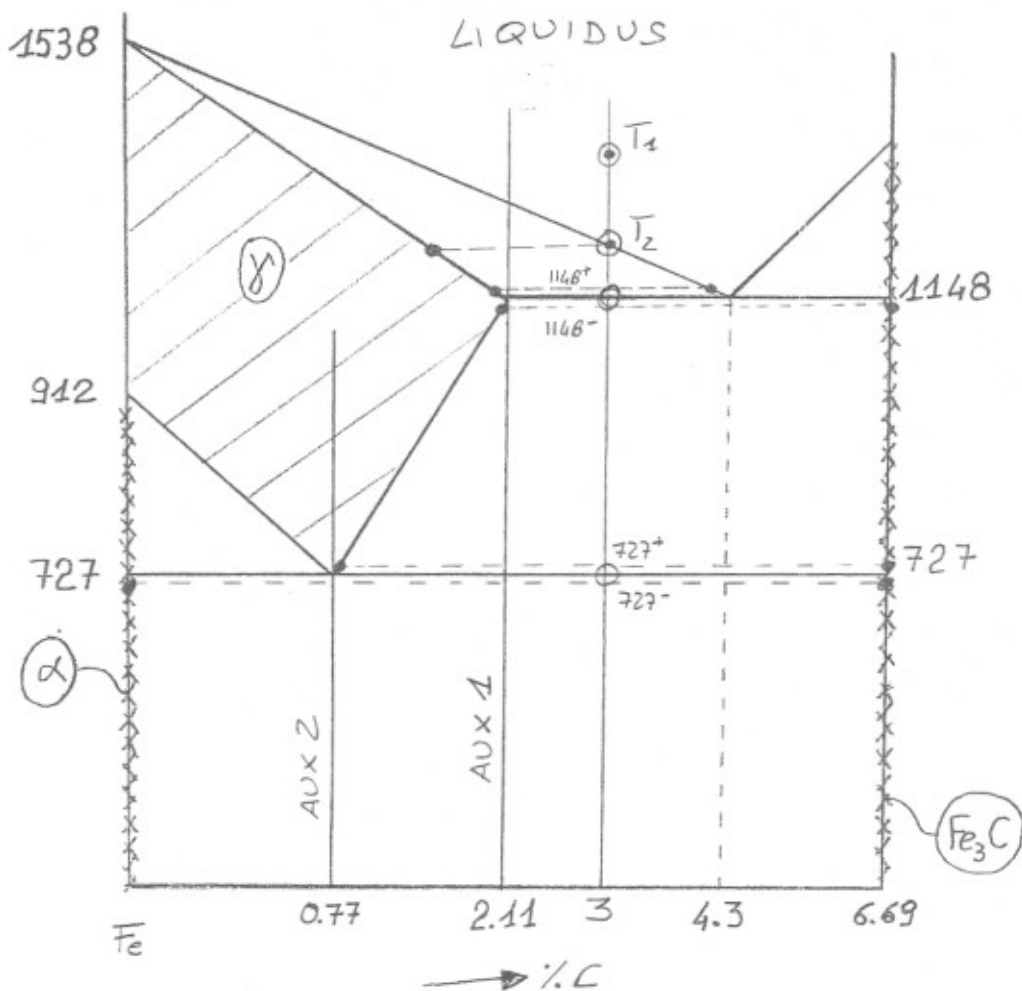
$$x = 28.3$$

$$11.1 : 1 = y : 1/3$$

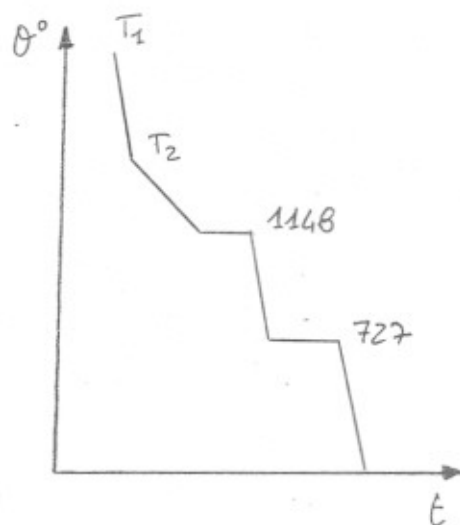
$$y = 3.7$$

Quindi a 1/3 del tempo d'arresto:

- 3.9%  $Fe_3C$  plach.
  - 3.7%  $Fe_3C$  lamelle
  - 28.3%  $\alpha$  lamelle
  - 66.1%  $\gamma$  cristalli
- 
- 3.9% CEMENTITE II
  - 32% PERLITE
  - 66.1% AUSTENITE



4° CASO  
C = 3%

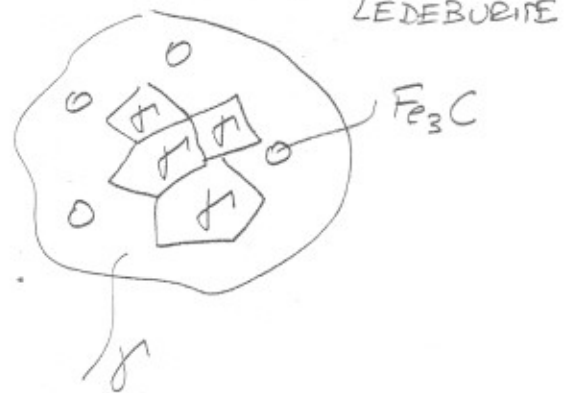
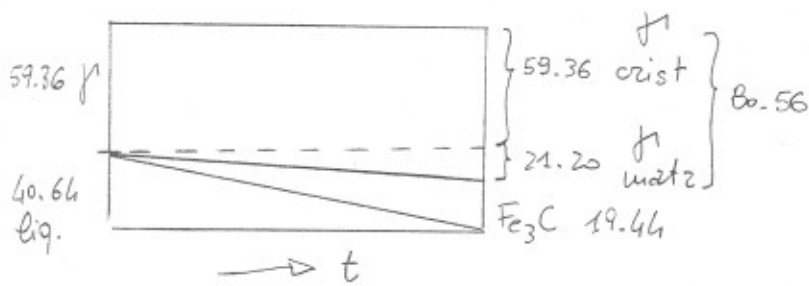
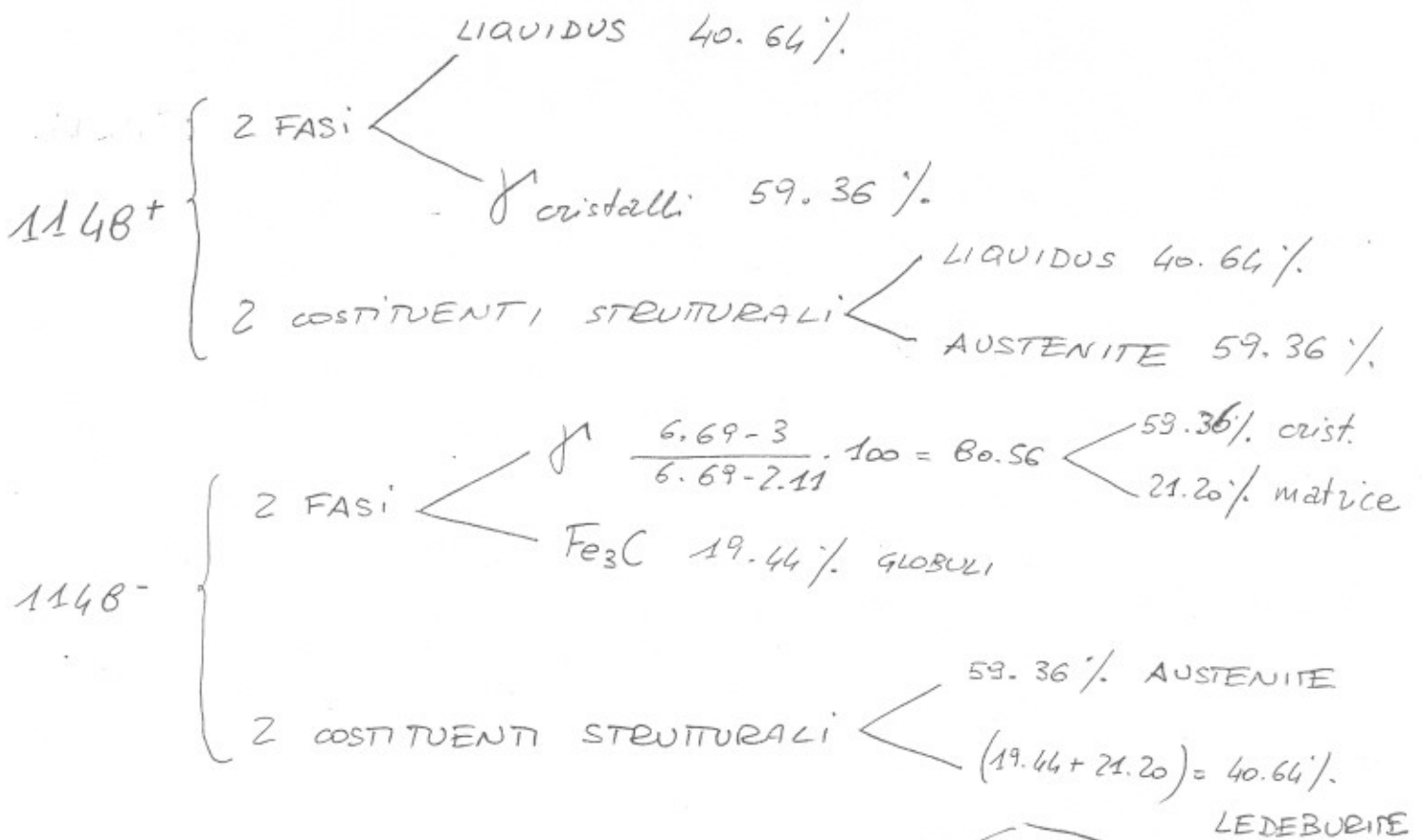


$T_1$ : 1 FASE 100% LIQUIDUS

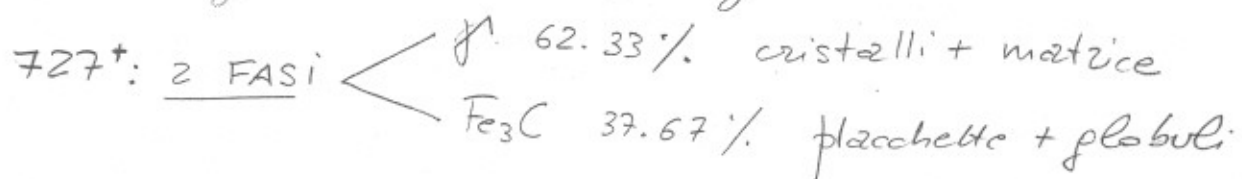
$T_2$ : 2 FASI < 100% LIQUIDUS  
TRACCE  $\gamma$  cristalli  $\longrightarrow$  AUSTENITE

A 1148 avviene la trasformazione eutettica, ma non con il solito meccanismo, ovvero trasformazione di tutto e solo il liquido in cristalli lamellari e passaggio inalterato dei cristalli  $\gamma$  presenti a 1148+ questi ultimi passeranno sempre inalterati, ma il liquido si trasformerà in una "matrice" di  $\gamma$  con immersi GLOBULI di  $Fe_3C$ . L'insieme di questa matrice di  $\gamma$  e dei GLOBULI prende il nome di LEDEBURITE.

Analizziamo i singoli passaggi



Come si può vedere dal diagramma a 1148°C inizia anche lo smiscelamento di  $\text{Fe}_3\text{C}$  da parte di  $\gamma$ .  
 Il  $\text{Fe}_3\text{C}$  smiscelato dai  $\gamma$  cristalli darà vita a placchette ai bordi dei grani e quindi alla CEMENTITE II, mentre il  $\text{Fe}_3\text{C}$  smiscelato da  $\gamma$  matrice non farà altro che ingrossare i globuli di  $\text{Fe}_3\text{C}$  già esistenti. Quindi:



Per il calcolo dei COSTITUENTI STRUTTURALI è necessario incorporare i contributi dei due tipi di smiscelamento sopracitati.



Si deve ricorrere alla lega ausiliaria (AUX 1)  
 ovvero alla lega con  $C = 2.11\%$  per la quale:

LEGA AUX 1

1148<sup>-</sup>: 1 FASE 100% cristalli  $\gamma$

727<sup>+</sup>: 2 FASI  $\left\{ \begin{array}{l} \gamma \text{ } 77.36\% \text{ cristalli} \\ \text{Fe}_3\text{C} \text{ } 22.64\% \text{ placchette} \end{array} \right.$

Operando come visto sui diagrammi semplici:

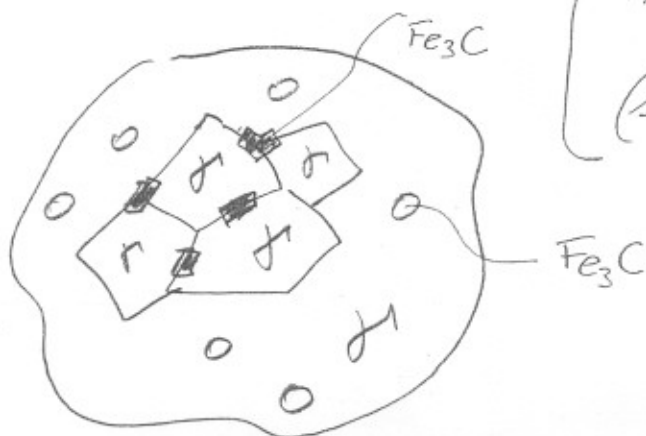
$$100 : 22.64 = 59.36 : x$$

$x = 13.43$   $\longrightarrow$  quantità di  $\text{Fe}_3\text{C}$  in placchette per la mia lega in esame.

Quindi per la mia lega con 3% di C ho:

727<sup>+</sup>: 2 FASI  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fe}_3\text{C} \text{ } 37.67\% \left\{ \begin{array}{l} 13.43\% \text{ placch.} \\ 24.24\% \text{ globuli} \end{array} \right. \\ \gamma \text{ } 62.33\% \left\{ \begin{array}{l} (59.36 - 13.43) = 45.93\% \text{ cristalli} \\ (62.33 - 45.93) = 16.4\% \text{ matrice} \end{array} \right. \end{array} \right.$

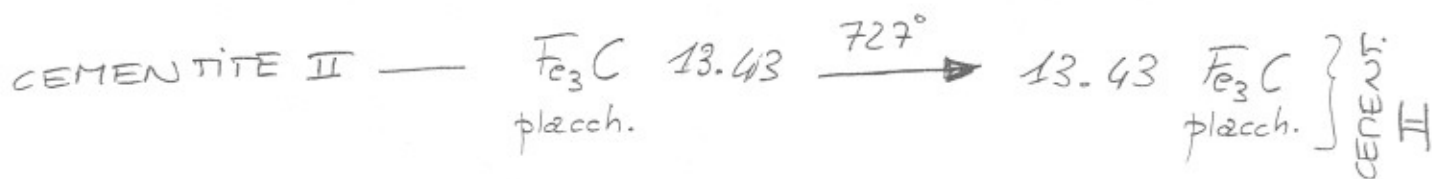
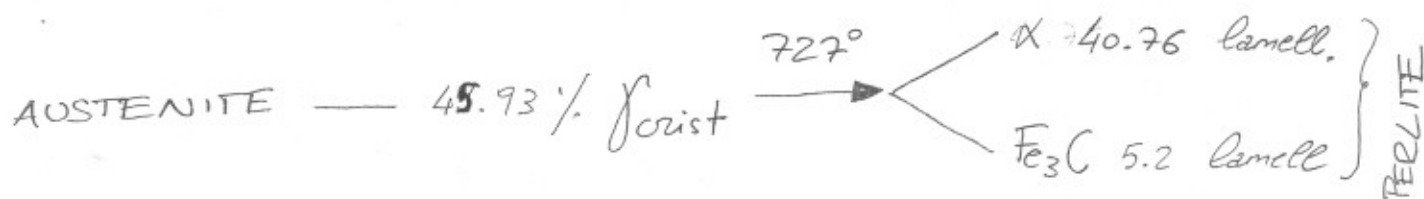
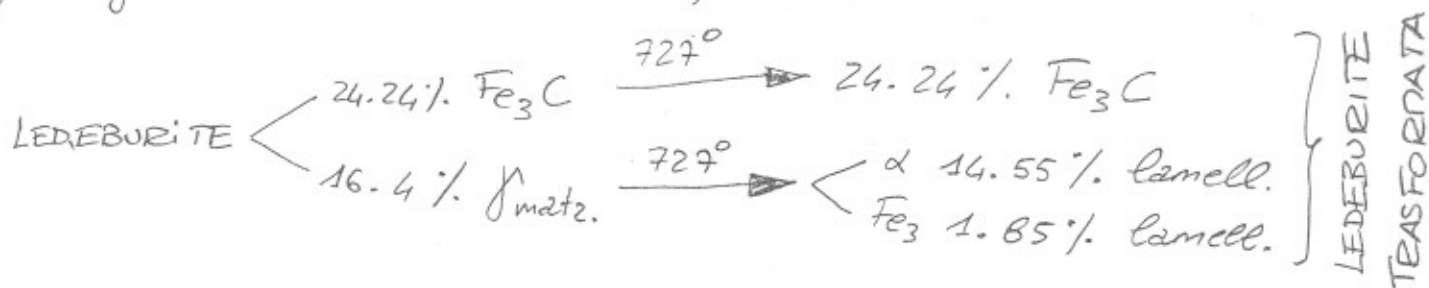
3 COSTITUENTI STRUTTURALI



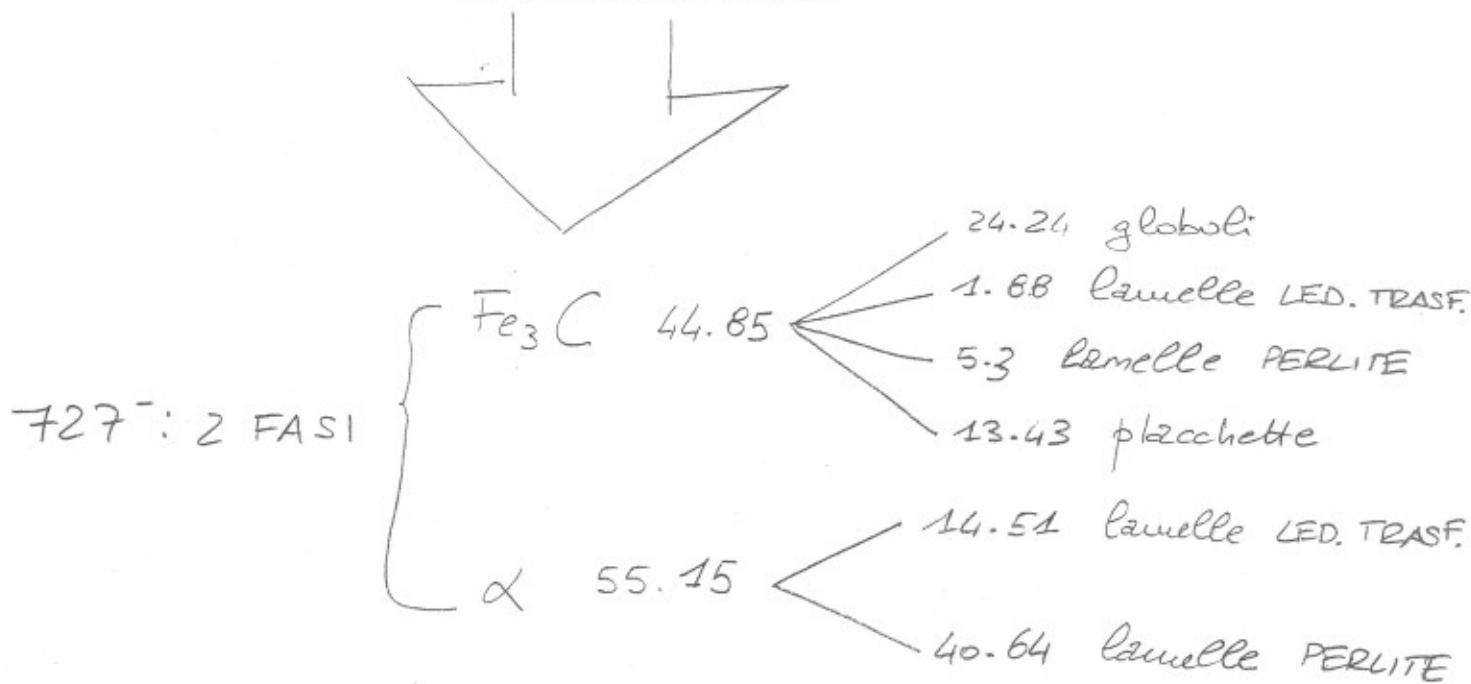
$\left\{ \begin{array}{l} 13.43\% \text{ CEMENTITE II} \\ 45.93\% \text{ AUSTENITE} \\ (16.4 + 24.24) = 40.64\% \text{ LEDEBURITE} \end{array} \right.$



A 727° tutta e sola la fase  $\gamma$  subisce la trasformazione eutettoidica. Vediamo cosa succede alle singole fasi dei costituenti strutturali e poi giustificheremo il perché:



RIASSUMENDO



Per giungere a questi risultati abbiamo dovuto fare ricorso ad una seconda lega ausiliaria ovvero AUX 2.

Tale lega ci servirà per calcolare i contributi della trasformazione eutettoidica subita da  $\gamma$  cristalli e  $\gamma$  matrice. Vediamo come. Per

la lega AUX 2 si verifica quanto segue:

727<sup>+</sup>: 1 FASE 100%  $\gamma$  cristalli

727<sup>-</sup>: 2 FASI  $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \text{ 88.50\% lamelle} \\ \text{Fe}_3\text{C 11.50\% lamelle} \end{array} \right.$

PER  
AUX 2

Tali valori vengono messi in proporzione con quelli della nostra lega in esame ovvero:

Quantità di  $\gamma$  in cristalli a 727<sup>+</sup>

$$100 : 88.50 = 45.93 : x \rightarrow \boxed{x = 40.64}$$

QUANTITÀ  $\alpha$   
IN LAMELLE  
DELLA  
PERLITE

Per differenza ottergo anche le lamelle di Fe<sub>3</sub>C della perlite ovvero:

$$45.93 - 40.64 = \boxed{5.3}$$

QUANTITÀ DI  
Fe<sub>3</sub>C LAMELLE  
DELLA PERLITE

E' immediato il calcolo della Fe<sub>3</sub>C lamellare nella ledeburite trasformata infatti:

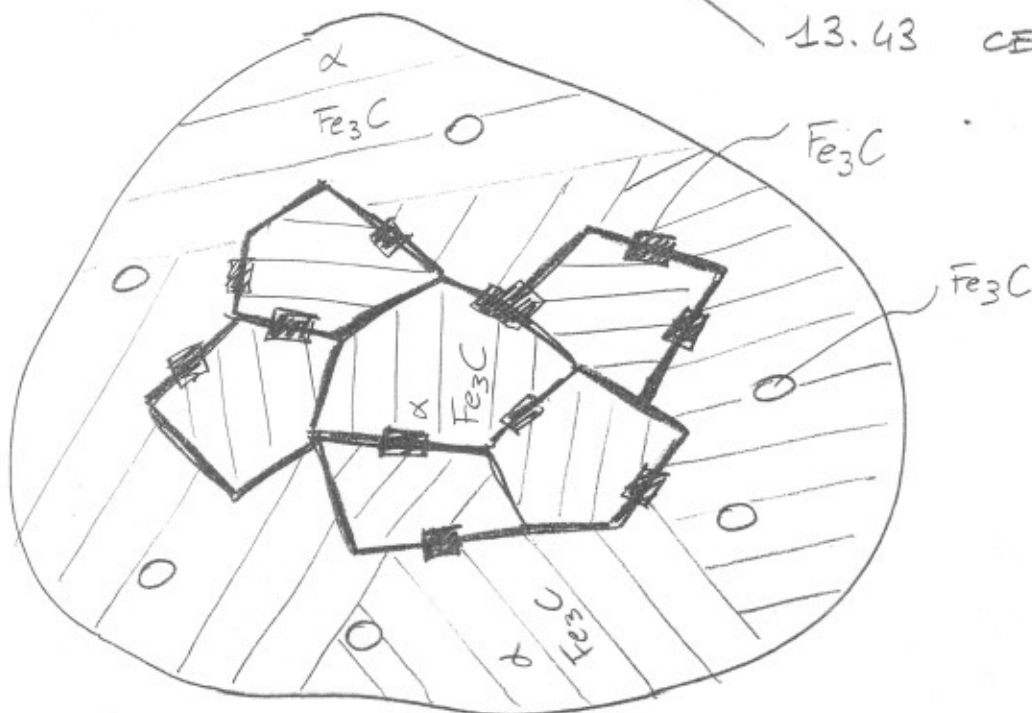
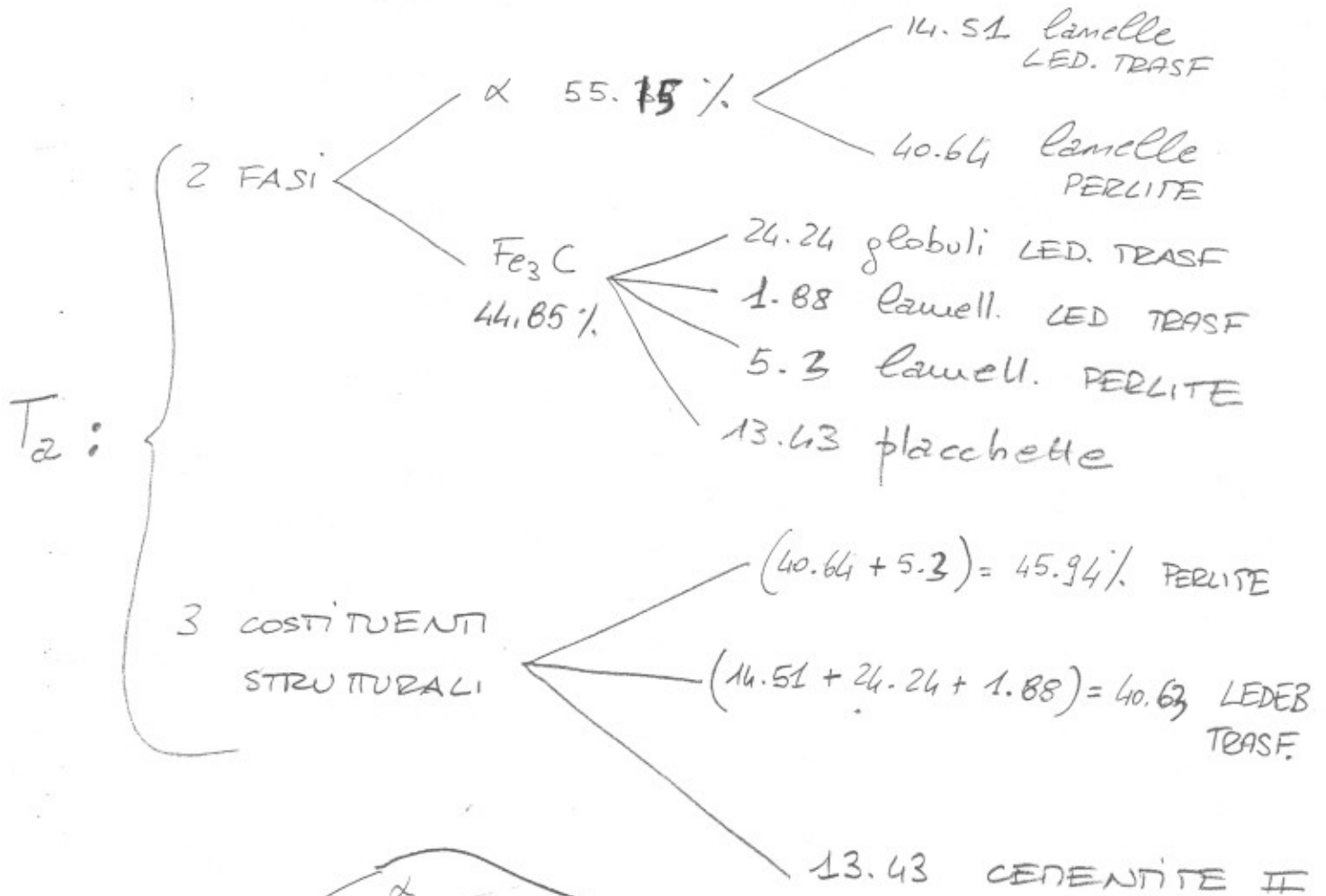
$$44.85 - 24.24 - 5.3 - 13.43 = \boxed{1.88\%}$$

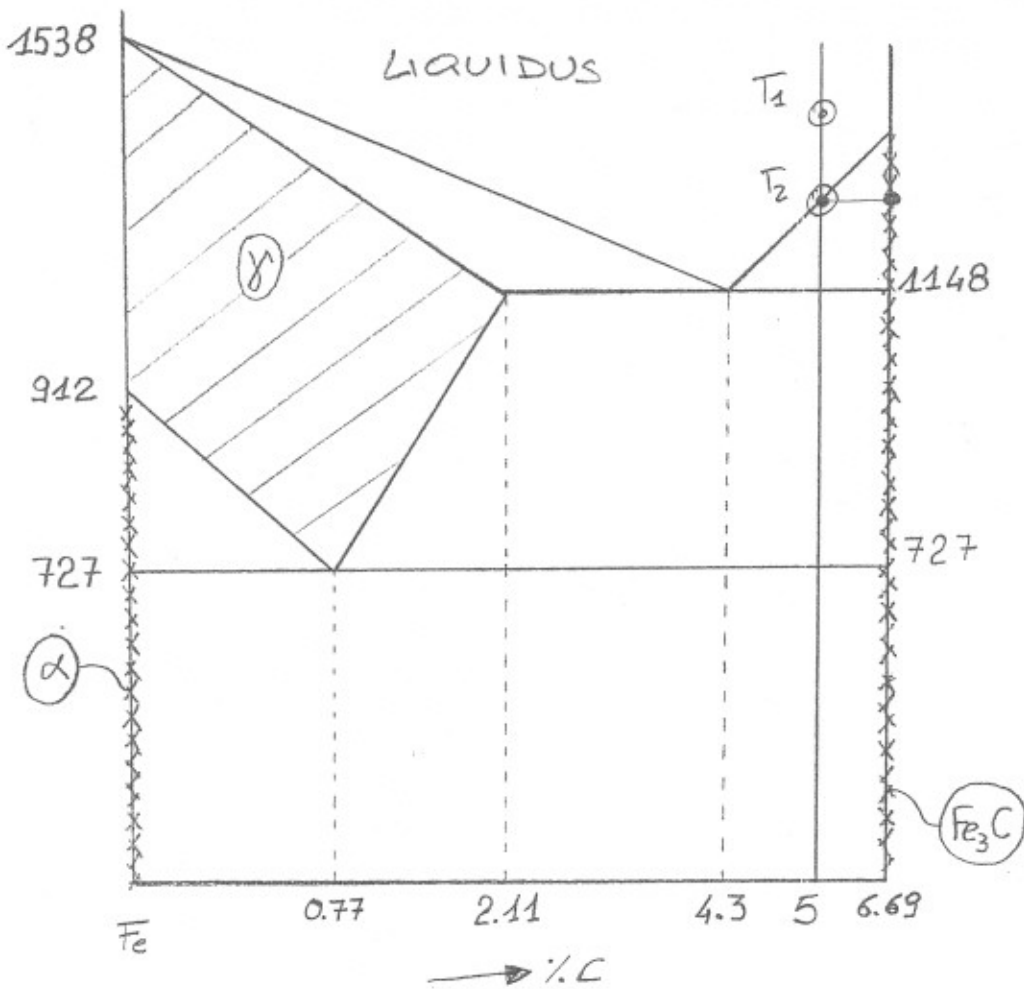
Fe<sub>3</sub>C  
LAMELLE  
DELLA  
LED. TRASF.

44.85: Fe<sub>3</sub>C TOTALE a 727<sup>-</sup>  
24.24: Fe<sub>3</sub>C in globuli passati invariati della LEDEBURITE  
5.3: Fe<sub>3</sub>C in lamelle della PERLITE  
13.43: Fe<sub>3</sub>C in placchette passate invariate della CEMENT. II

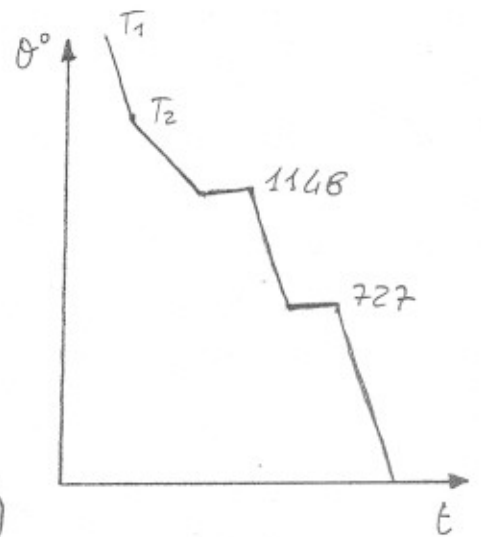
Similmente si ottiene il 14.51 di  $\alpha$  in lamelle della LEDEB. TRASF.

La situazione rimane invariata fino a  $T_2$ .  
 Quindi a temperatura ambiente:





5° CASO  
C = 5%



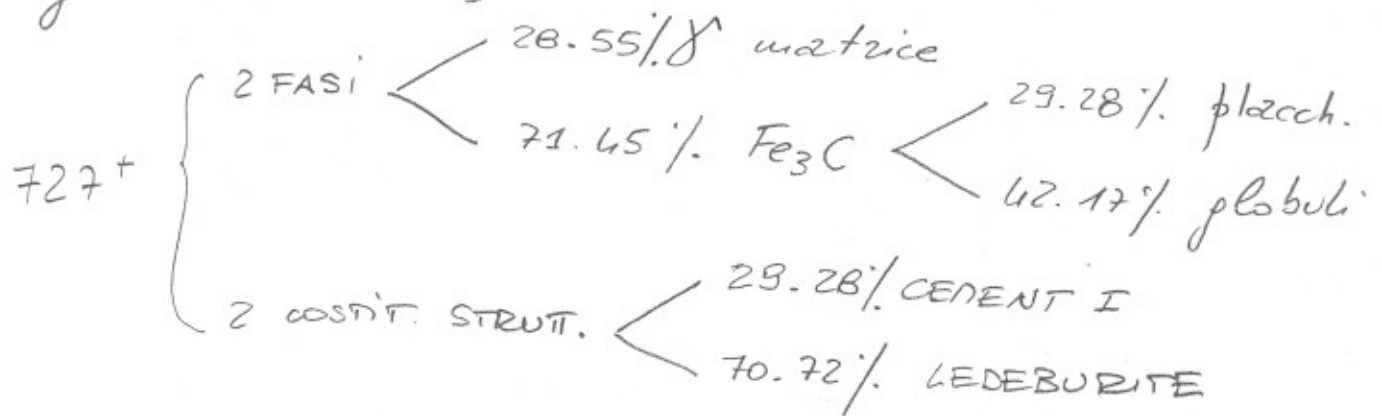
T<sub>1</sub>: 1 FASE 100% liquidus

T<sub>2</sub>: 2 FASI < 100% liquidus  
TRACCE Fe<sub>3</sub>C placchette

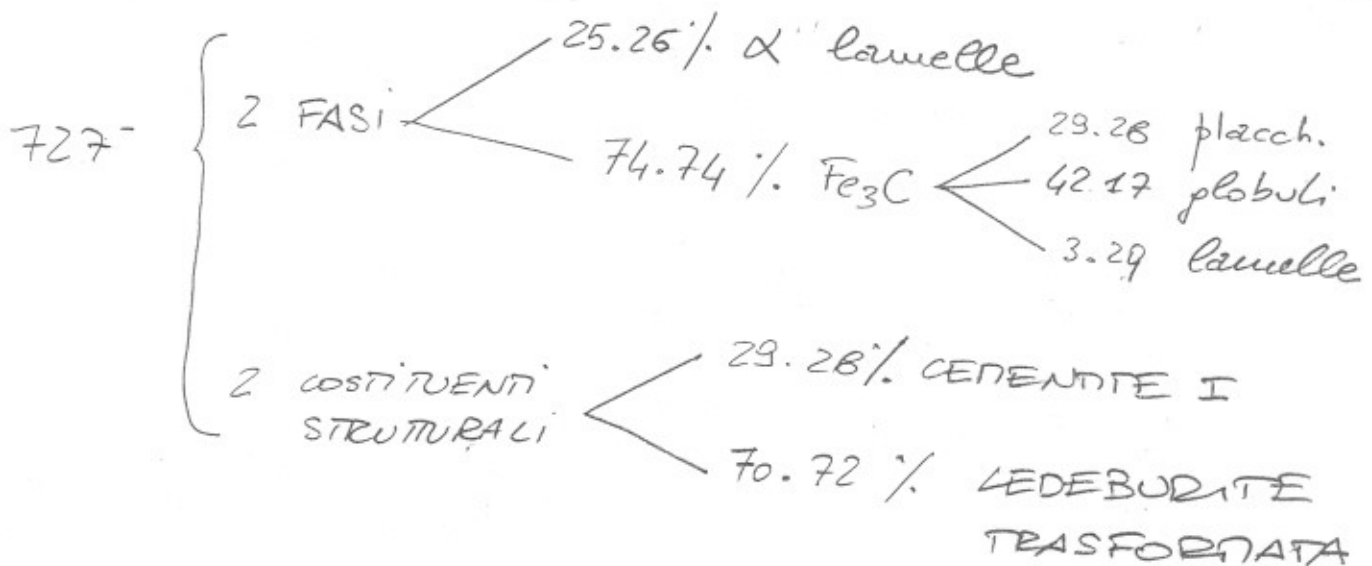
1148<sup>+</sup>: 2 FASI < 70.72% liquidus  
29.28% Fe<sub>3</sub>C placch. → CEMENTITE  
PRINARIA (F)

1148<sup>-</sup>: { 2 FASI < 36.89% γ matrice  
63.11% Fe<sub>3</sub>C < 29.28 placch.  
33.83 globuli.  
2 COSTIT. STRUTURALI < 29.28 CEMENTITE I  
70.72 LEDEBURITE

A 1148 ha inizio lo smiscelamento da parte di  $\gamma$  che andrà solo ad ingrossare i globuli di  $Fe_3C$ :



A 727° la fase  $\gamma$  subisce la transf. eutettoide:



Tale situazione rimane invariata fino a  $T_2$ .

Si noti che la CEMENTITE I formata si ad alta temperatura è giunta inalterata fino a  $T_2$ .