

Per le **animazioni** utilizzare la barra spaziatrice; per “**muoversi**” all’interno della rappresentazione utilizzare i pulsanti e/o le “**parole calde**”.

Il diagramma di stato Ferro – Carbonio, in esame, presenta le linee dell’equilibrio stabile (quelle tratteggiate) ovvero il diagramma ferro-grafite e le linee del diagramma metastabile (quelle continue) ovvero il diagramma ferro-cementite.

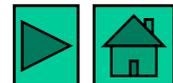
Noi studieremo il diagramma ferro-cementite perché le leghe in oggetto sono gli acciai comuni (quelli catalogati come C...; esempio C30,...) e le ghise bianche.

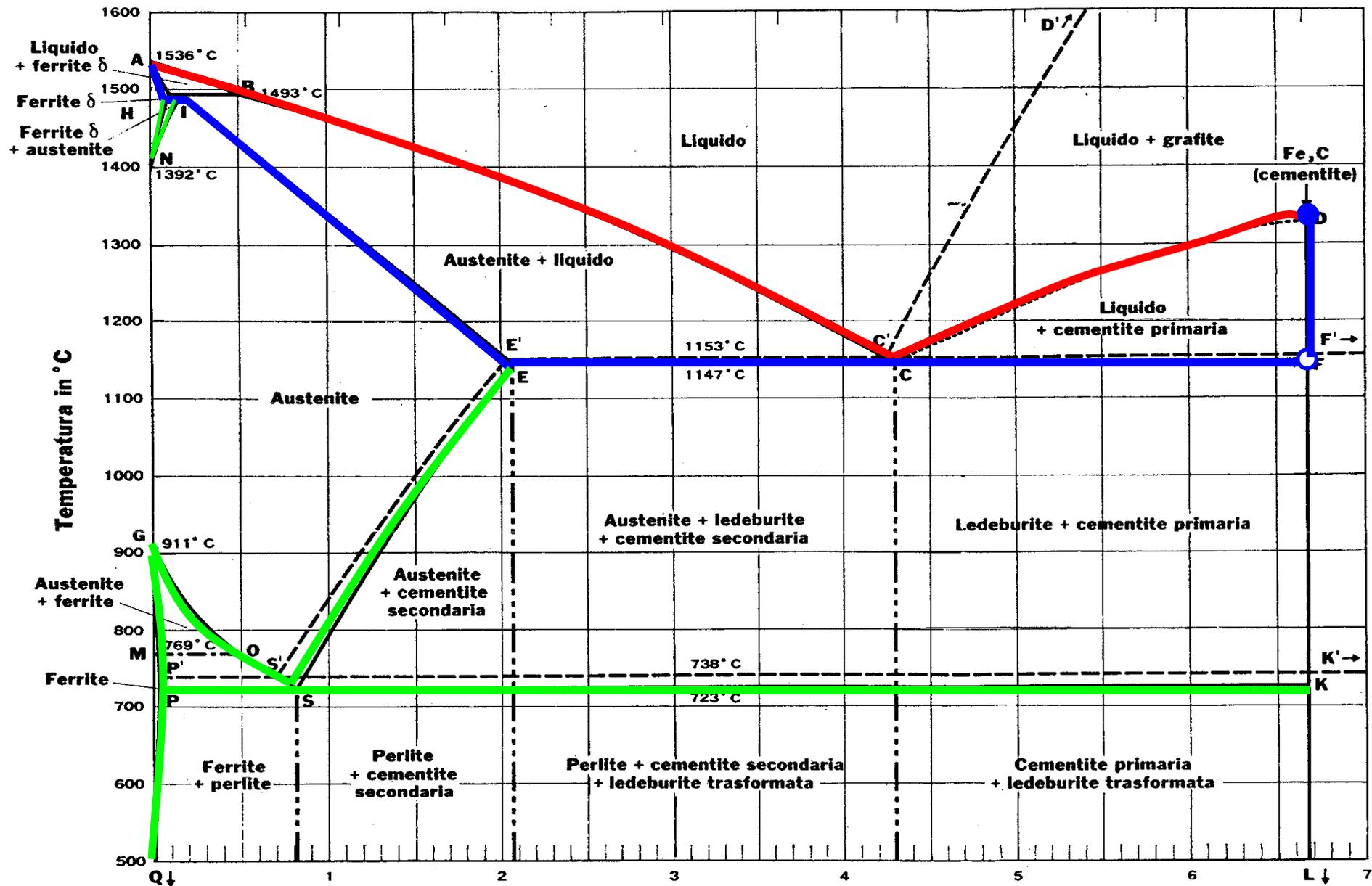


Per studiare le leghe ferrose in equilibrio (dunque le strutture presenti dopo un trattamento termico di ricottura o, al limite, di normalizzazione) sul diagramma ferro – cementite (Fe-Fe₃C) occorre procedere come segue:

- tracciare una linea parallela all'asse delle ordinate passante per la concentrazione desiderata (esempio C80 sarà 0,80 % C);
- segnare le intersezioni di questa linea con le curve del diagramma;
- numerare i punti di intersezione (partire da 0 nel campo di tutto liquido): quando si incontra una isoterma usare la tecnica del doppio punto chiamandone uno con lo *, esempio 2*-2 (serve per ricordare l'invarianza);
- tracciare la relativa curva di raffreddamento ricordando che “curva chiama curva” e “isoterma chiama isoterma”;
- tracciare il diagramma della regola della leva al fine di conoscere la quantità delle fasi e/o strutture presenti in equilibrio alle varie temperature per le varie concentrazioni.

Nb. Per un aiuto andare al file [scrittura lettura diagrammi stato](#)



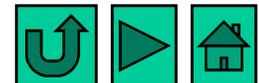


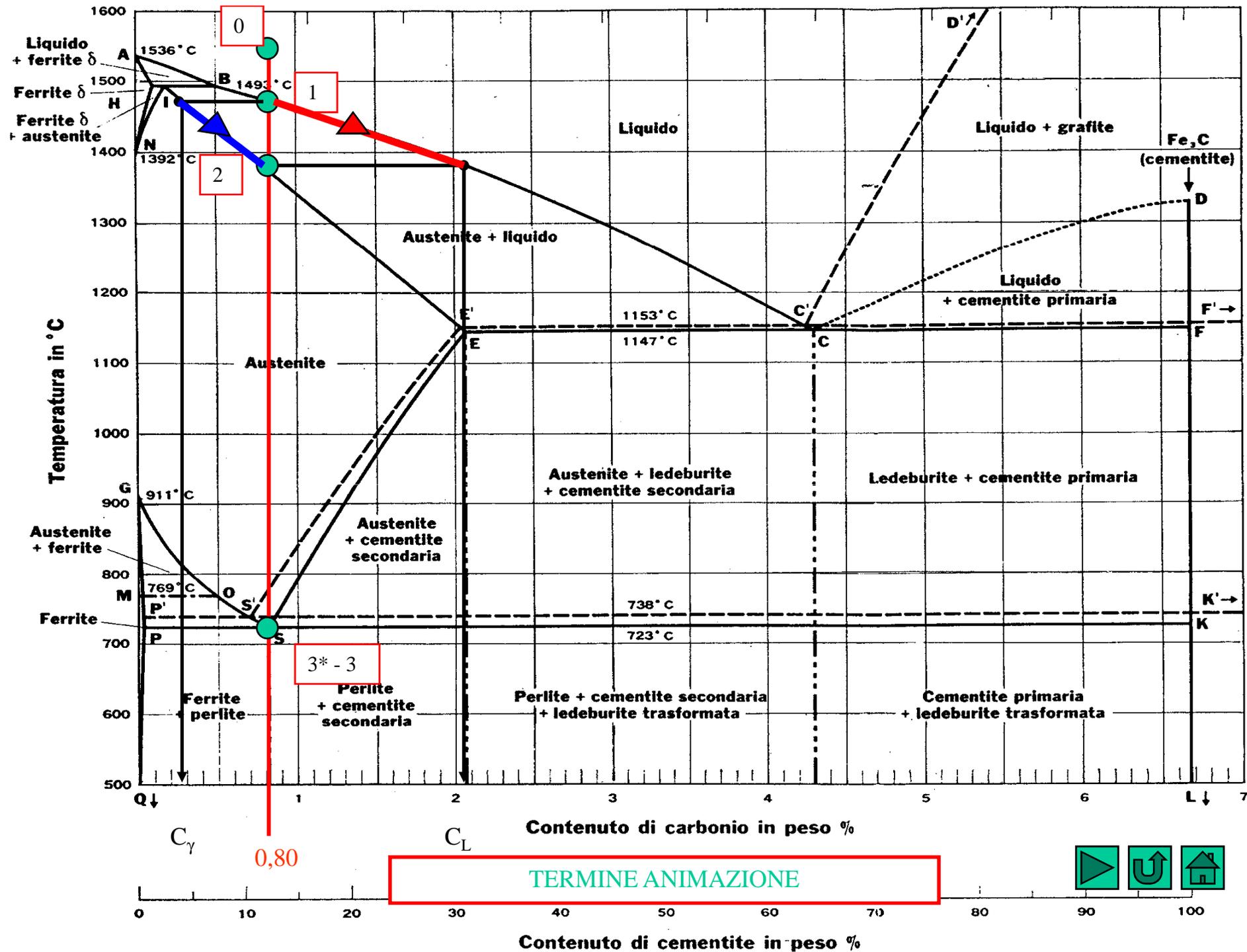
In rosso la curva del liquidus, in blu la curva del solidus, in verde le curve di saturazione

Esempi di studio di leghe ferrose:

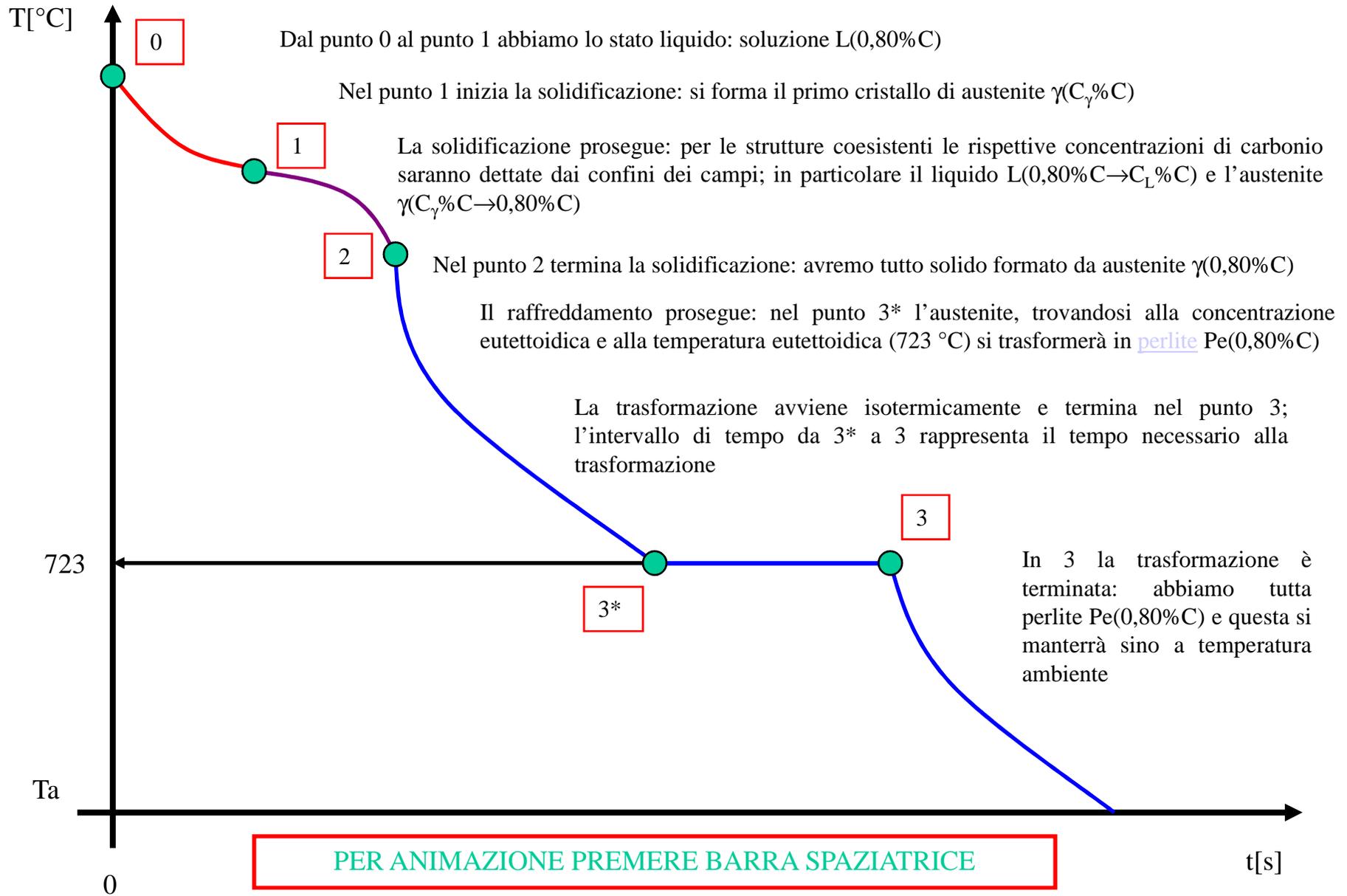
- C80;
- C60;
- C100;
- C30;
- ghisa bianca al 3% C
- Regola della leva

SCEGLIERE





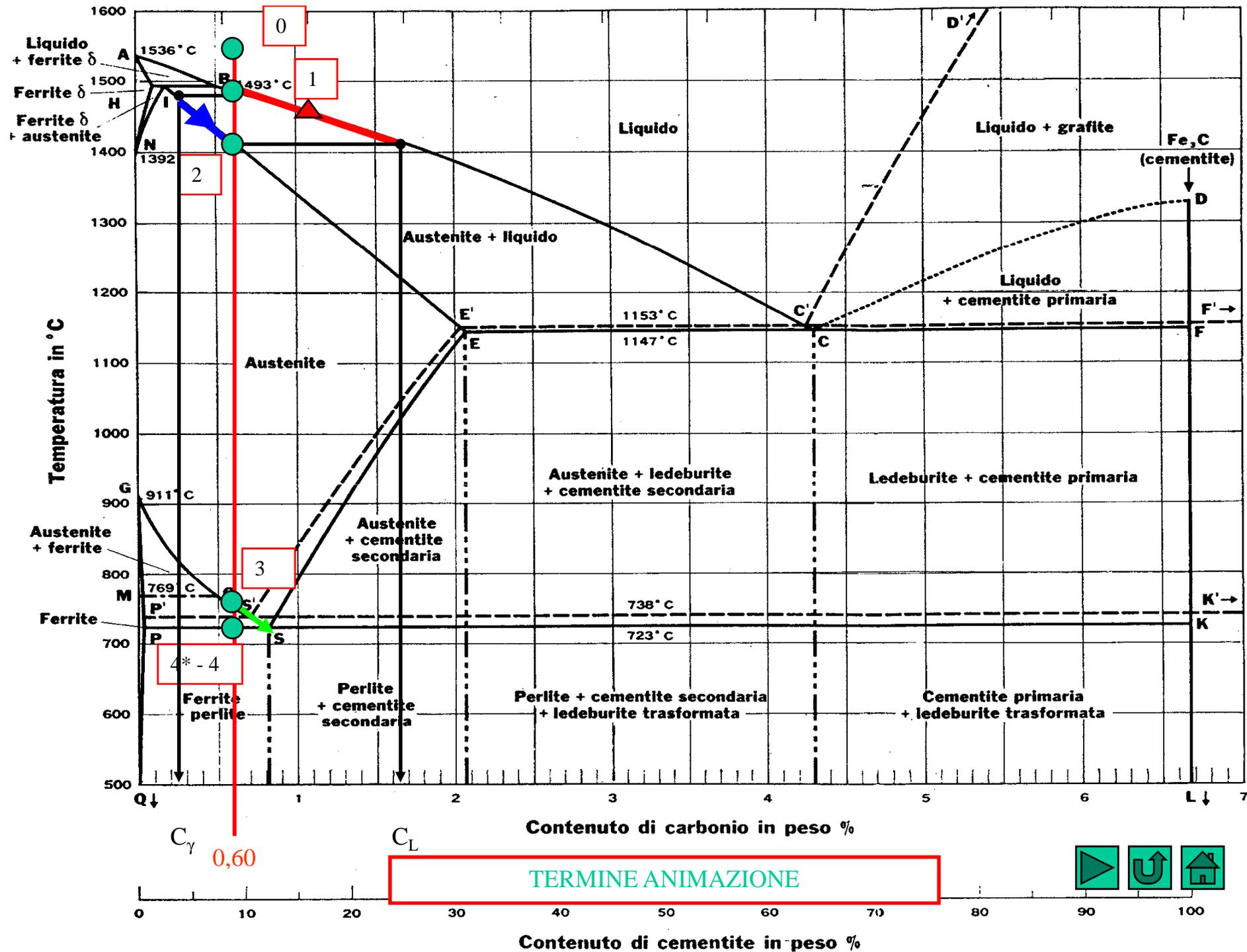
CURVA DI RAFFREDDAMENTO DEL C80



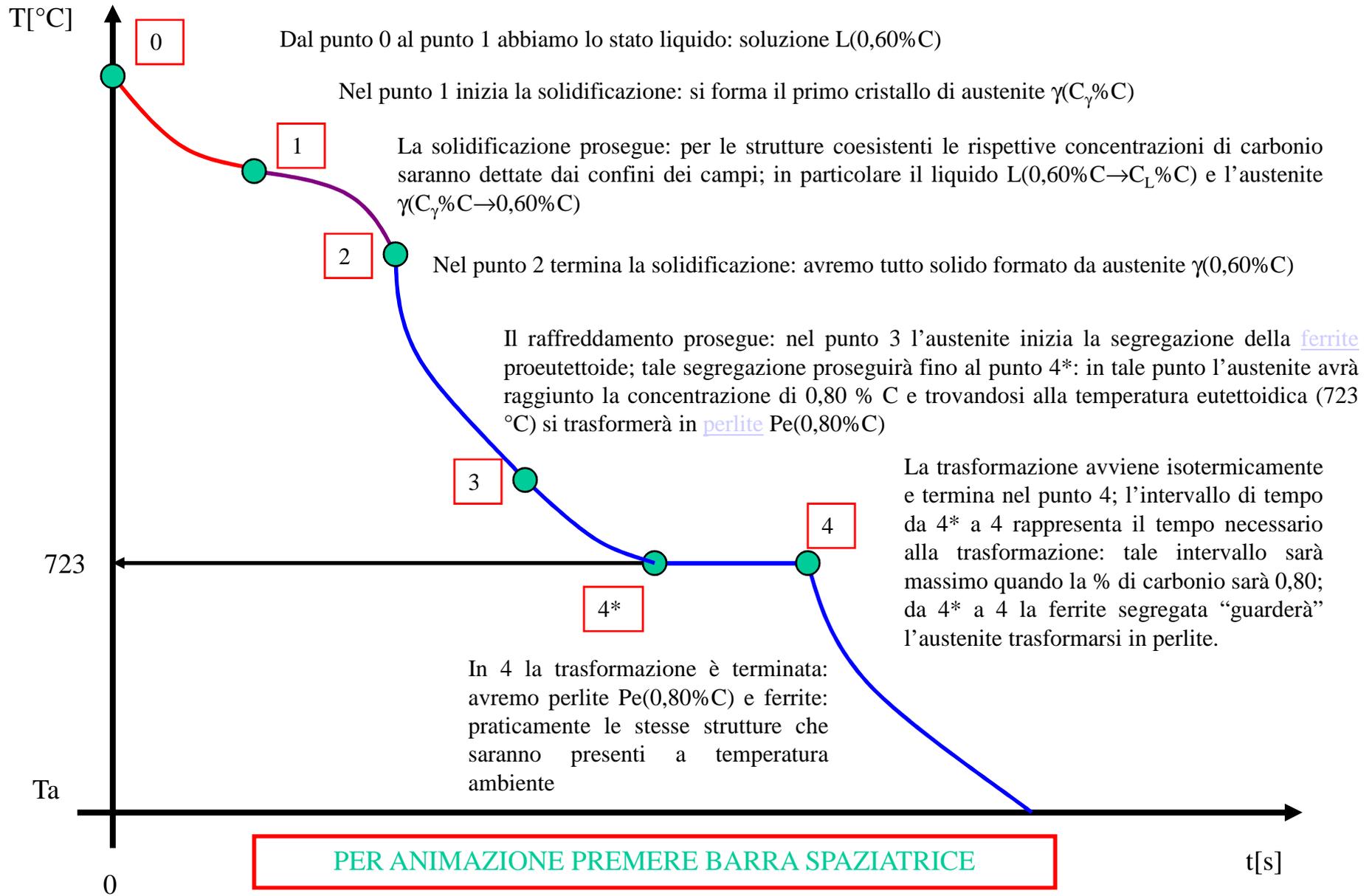
PER ANIMAZIONE PREMERE BARRA SPAZIATRICE

TERMINE ANIMAZIONE





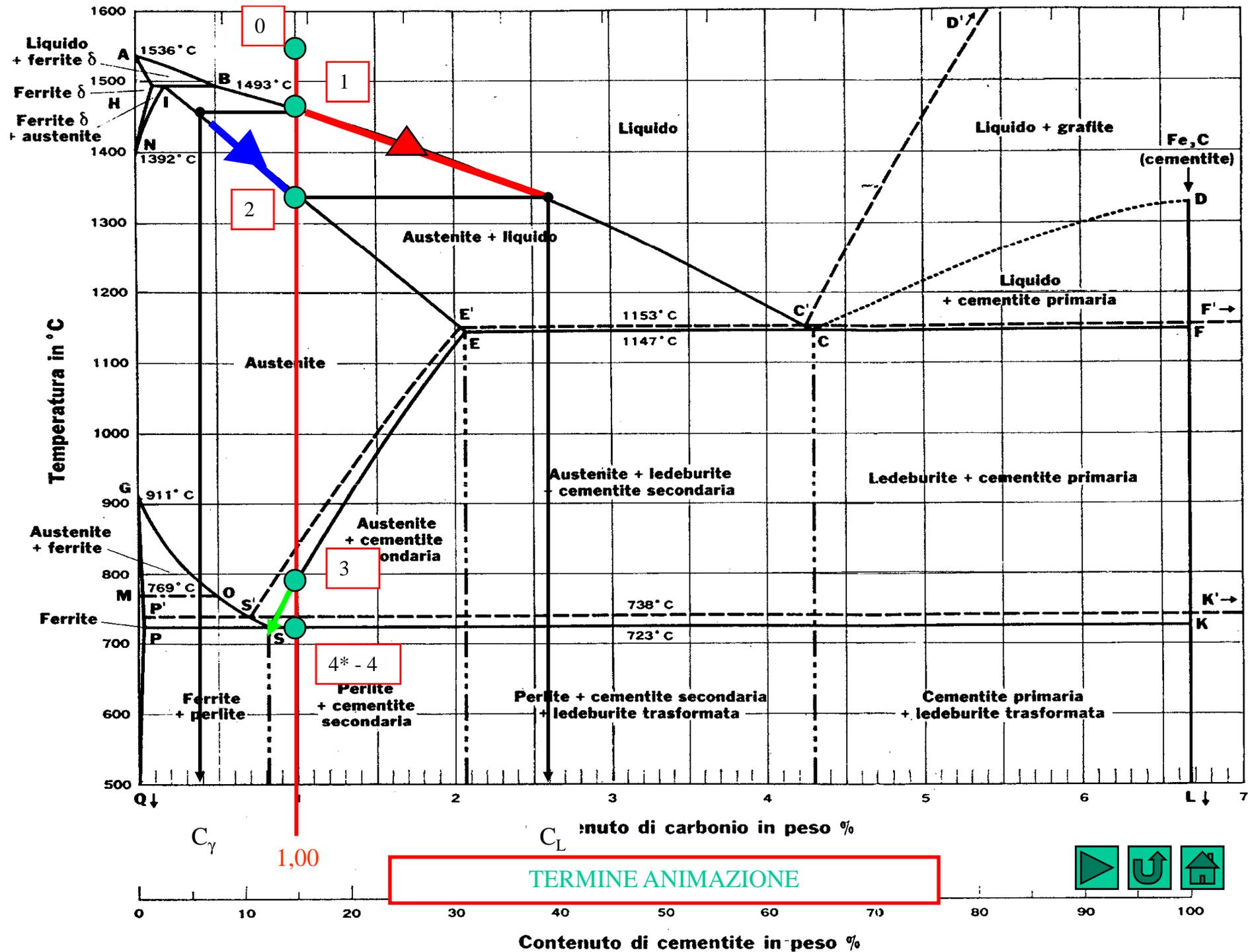
CURVA DI RAFFREDDAMENTO DEL C60



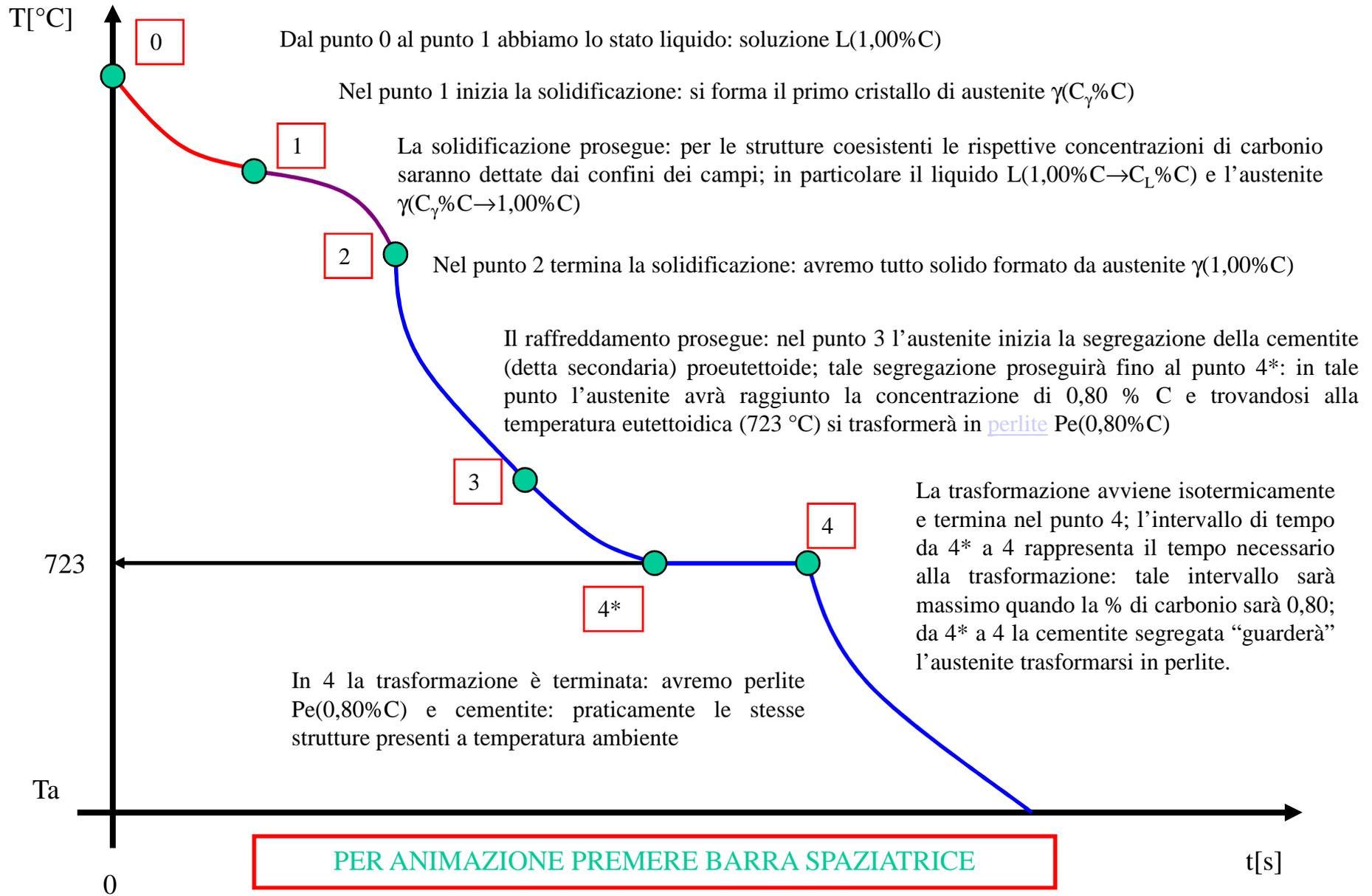
PER ANIMAZIONE PREMERE BARRA SPAZIATRICE

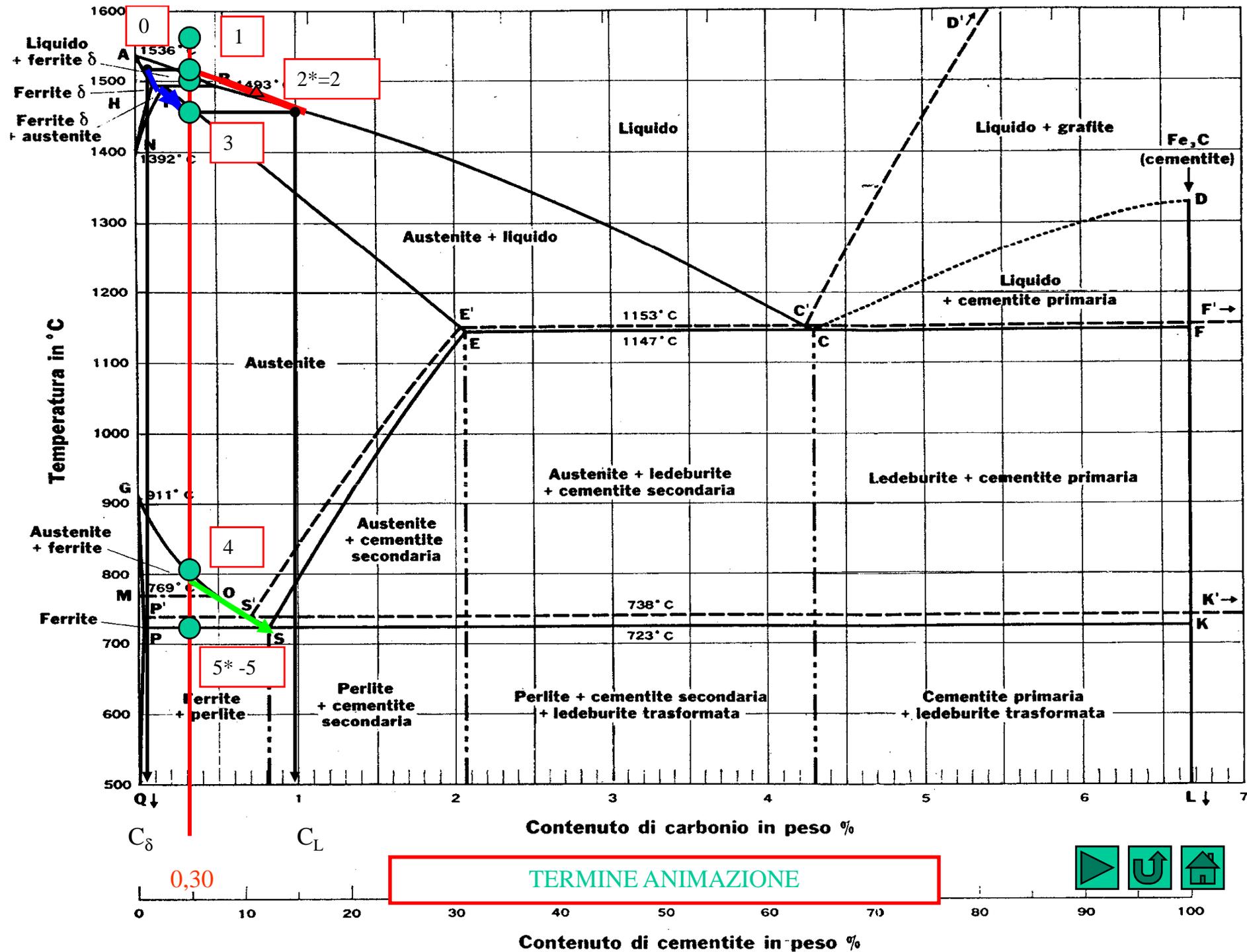
TERMINE ANIMAZIONE



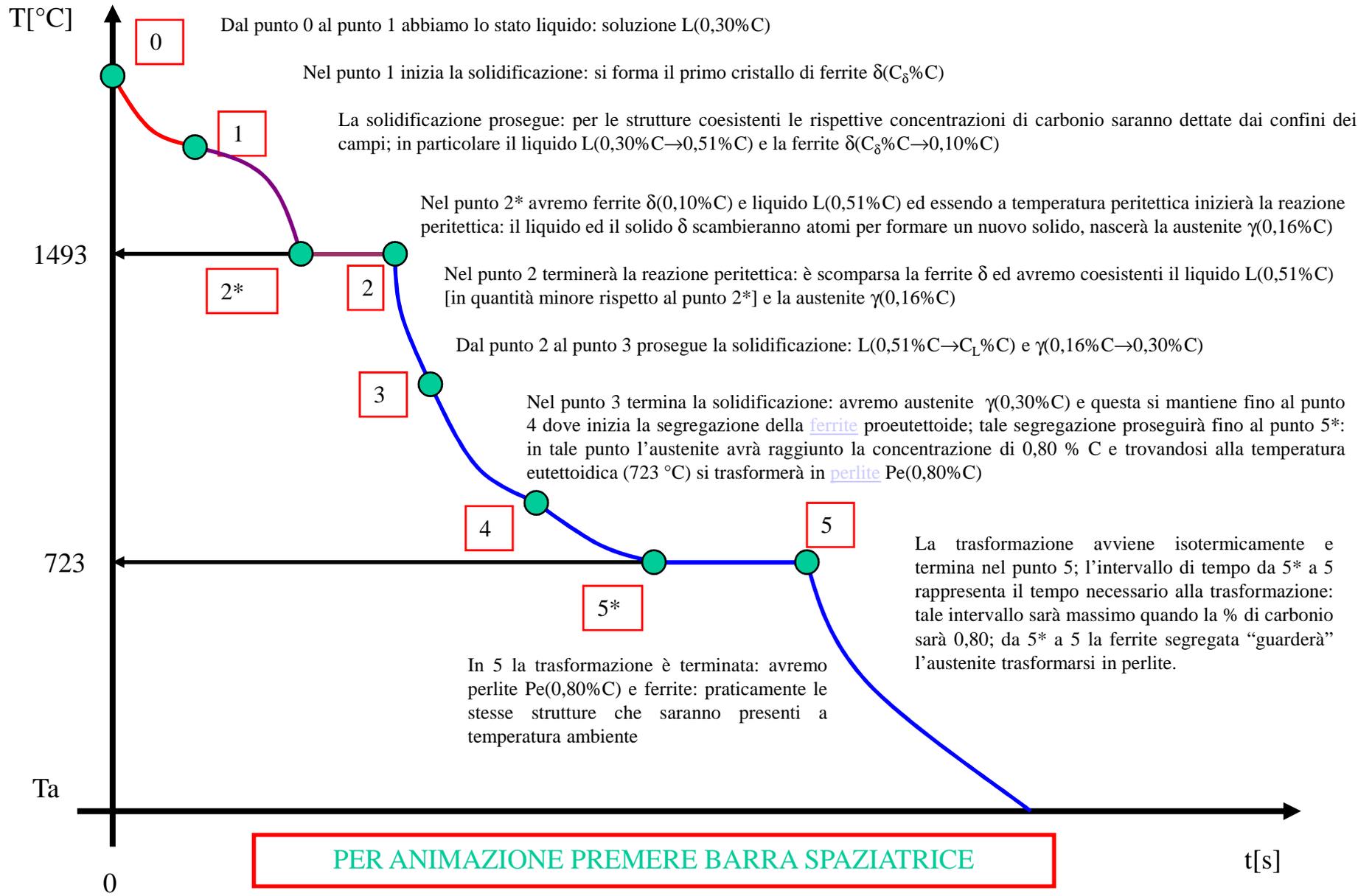


CURVA DI RAFFREDDAMENTO DEL C100





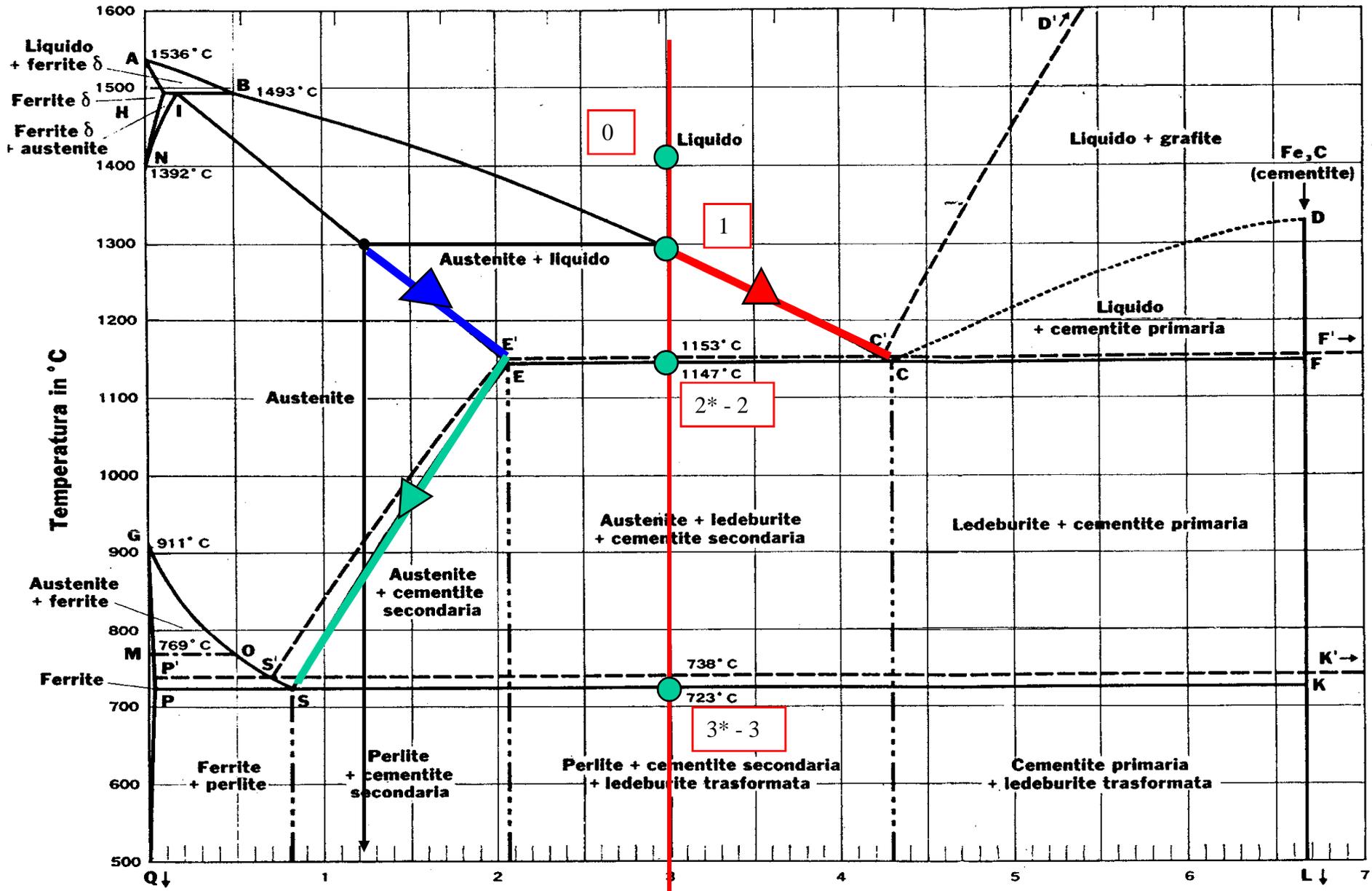
CURVA DI RAFFREDDAMENTO DEL C30



PER ANIMAZIONE PREMERE BARRA SPAZIATRICE

TERMINE ANIMAZIONE





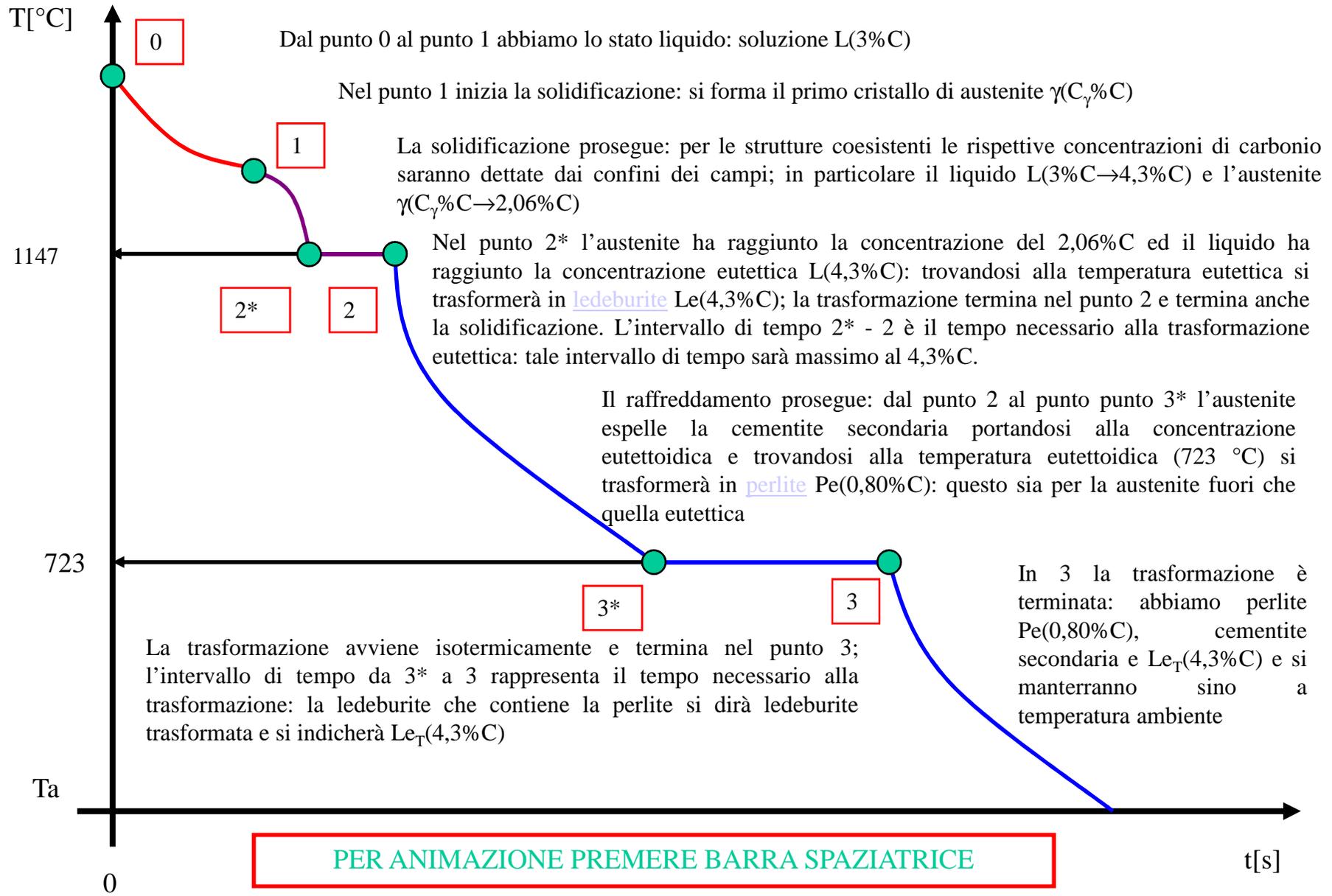
TERMINE ANIMAZIONE



0 10 20 80 90 100

Contenuto di cementite in peso %

CURVA DI RAFFREDDAMENTO DELLA GHISA AL 3 % C



PER ANIMAZIONE PREMERE BARRA SPAZIATRICE

TERMINE ANIMAZIONE

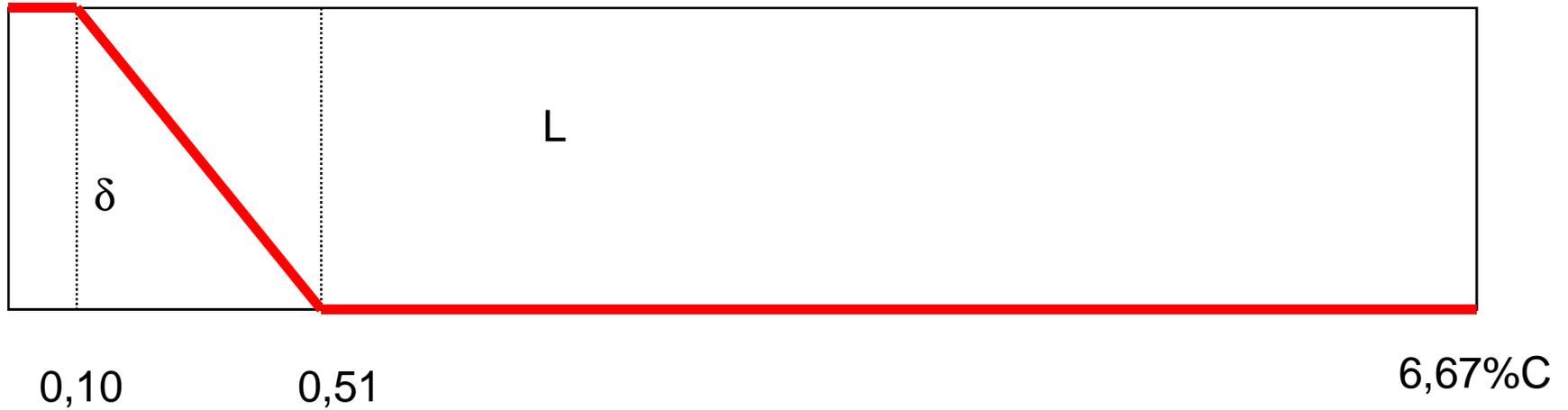


Regola della leva grafica: rappresenta la quantità delle fasi e/o delle strutture in equilibrio ad una determinata temperatura alle varie concentrazioni; l'altezza del parallelogramma è fatto 100, in modo da avere le percentuali delle fasi e/o strutture presenti, oppure la quantità trattata (ad esempio in kg). La base del parallelogramma avrà la percentuale di carbonio.

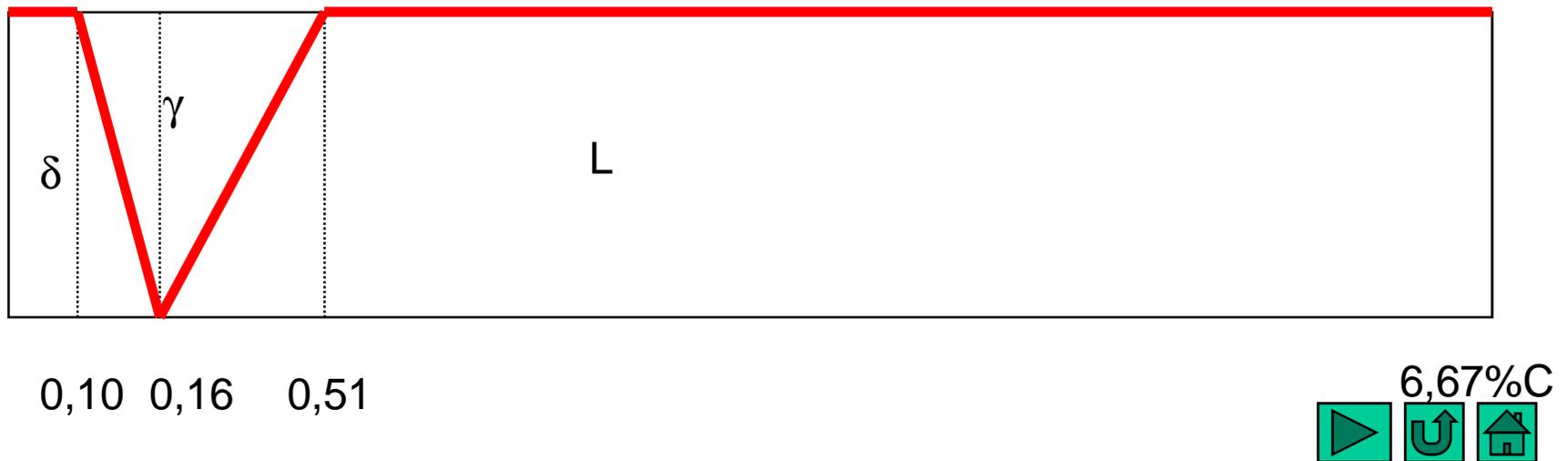
Legenda: L liquido, δ soluzione solida con ferro delta solvente, γ austenite (soluzione con ferro gamma solvente, nome dallo studioso Austen), Le ledeburite (formata da austenite e cementite), Le_T ledeburite trasformata (formata da perlite e cementite), Pe perlite (formata da ferrite e cementite), cm cementite, cm_I cementite primaria (quella formatasi dal liquido), cm_{II} cementite secondaria (quella formatasi dalla saturazione della austenite), cm_{III} cementite terziaria (quella formatasi dalla saturazione della ferrite, trascurata ai fini pratici perché in esigua quantità), Fe ferrite (usiamo il simbolo del ferro perché la quantità di cementite sciolta la possiamo ritenere trascurabile ai fini pratici).



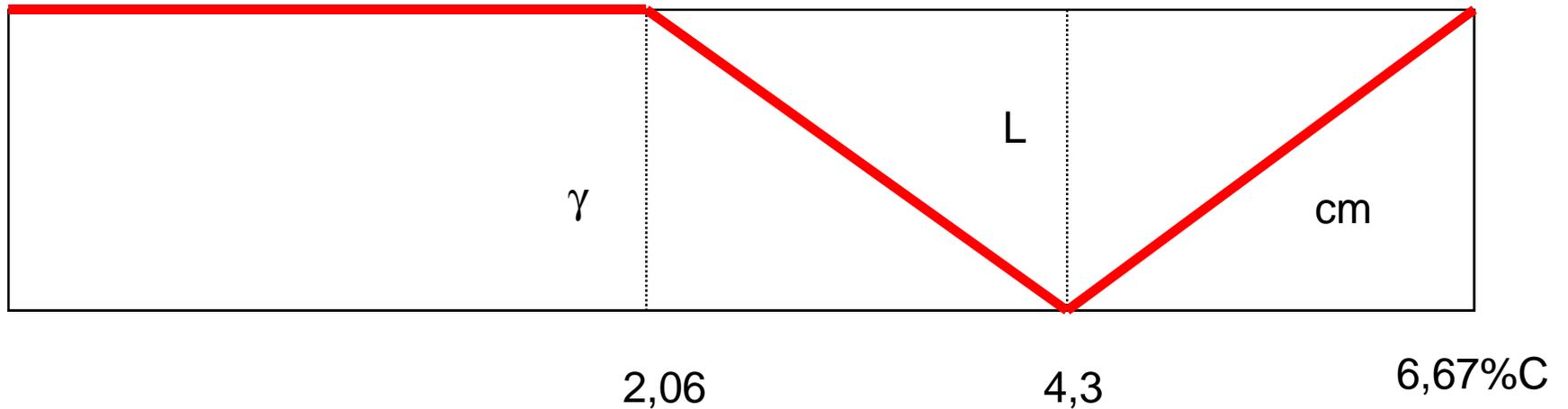
Fasi e strutture (coincidono) presenti a 1493 °C+ cioè un istante prima dell'inizio della reazione peritettica (non in scala!)



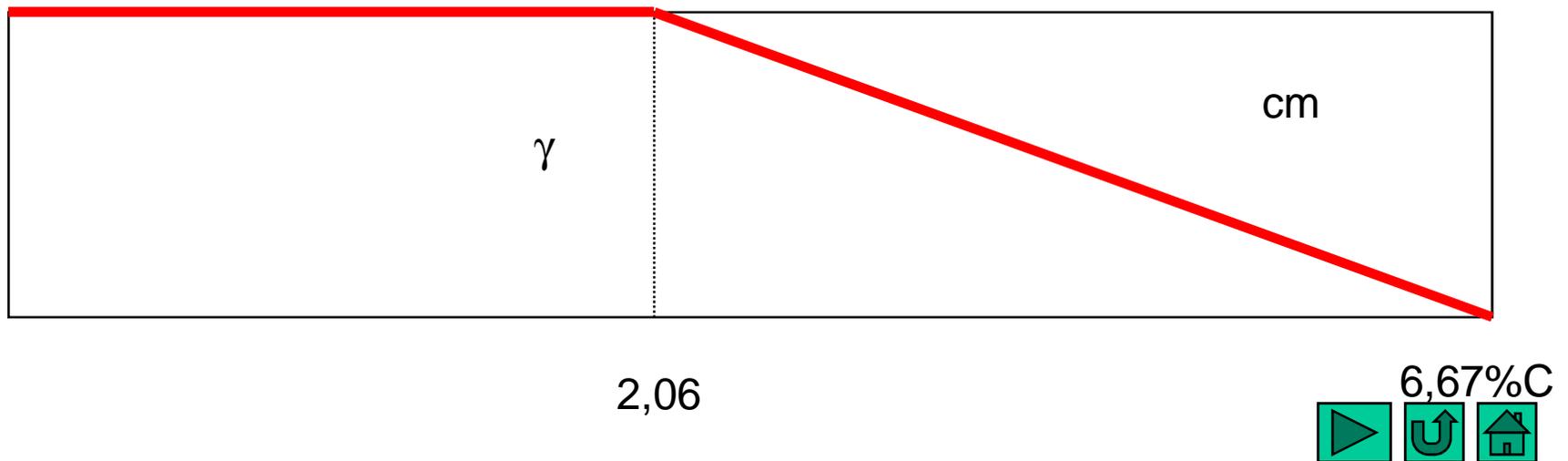
Fasi e strutture (coincidono) presenti a 1493 °C- cioè un istante dopo la reazione peritettica



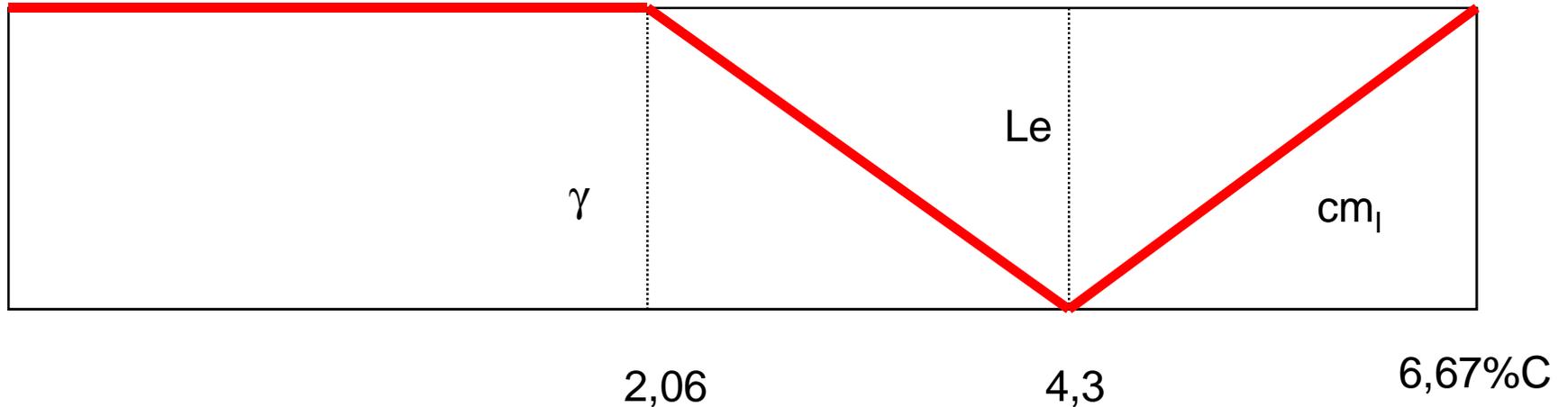
Fasi e strutture (coincidono) presenti a $1147\text{ }^{\circ}\text{C}^+$ cioè un istante prima dell'inizio della trasformazione eutettica (non in scala!).



Fasi presenti a $1147\text{ }^{\circ}\text{C}^-$ cioè al termine della trasformazione eutettica



Strutture presenti a 1147 °C - cioè al termine della trasformazione eutettica (non in scala!).

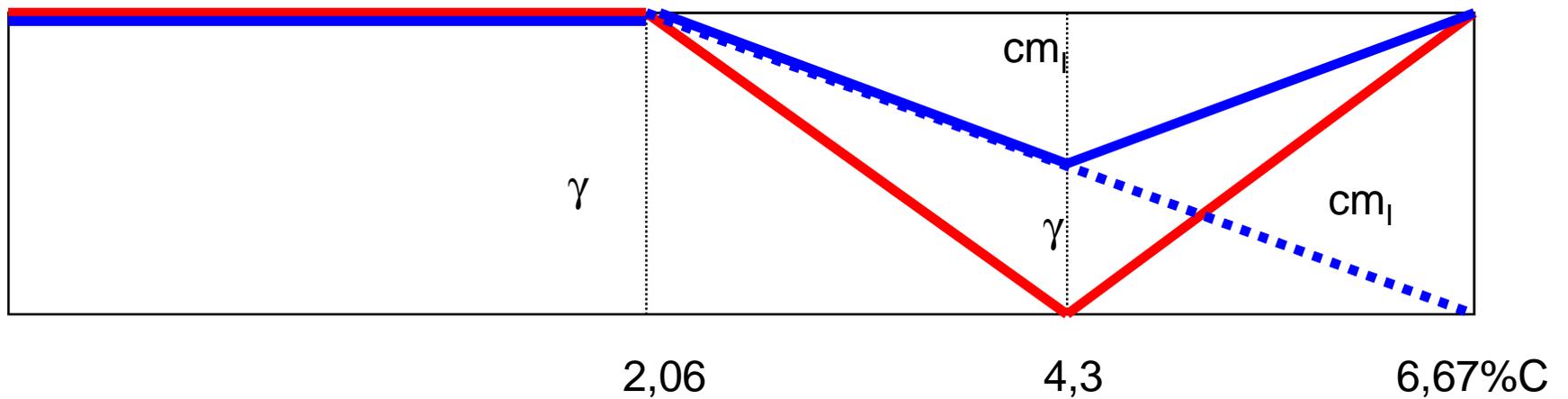


Come si può notare ciò che prima era liquido è diventato ledeburite Le

Sovrapponendo il diagramma delle fasi a quello delle strutture si possono “risolvere” le strutture ovvero vedere la quantità delle fasi che compongono la struttura; in questo caso la struttura da risolvere è la ledeburite



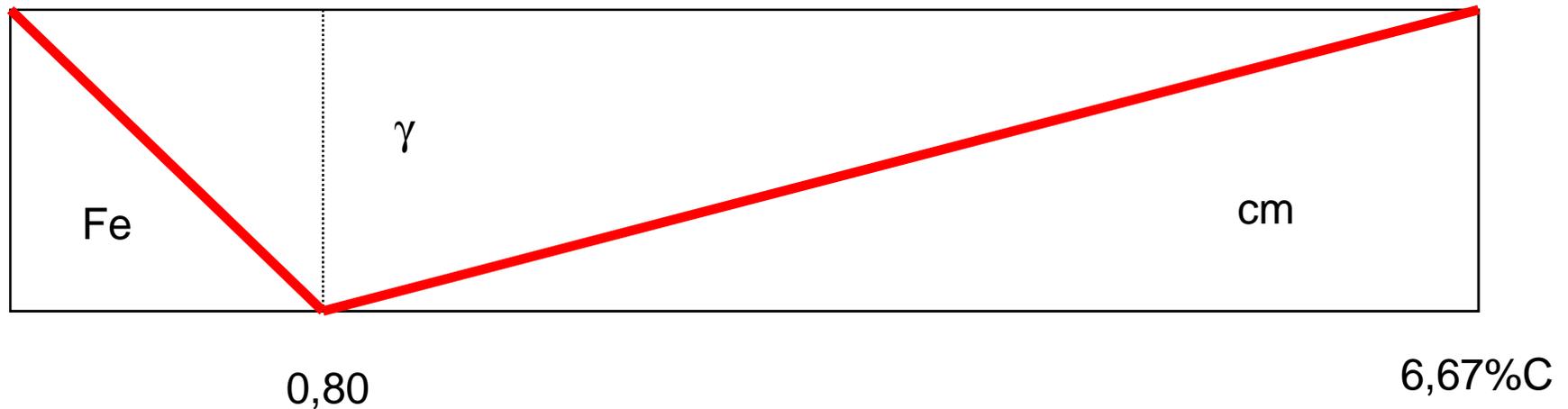
Strutture presenti a 1147 °C - cioè al termine della trasformazione eutettica (non in scala!): risolvendo la struttura con la sovrapposizione del diagramma delle fasi usando il colore blu.



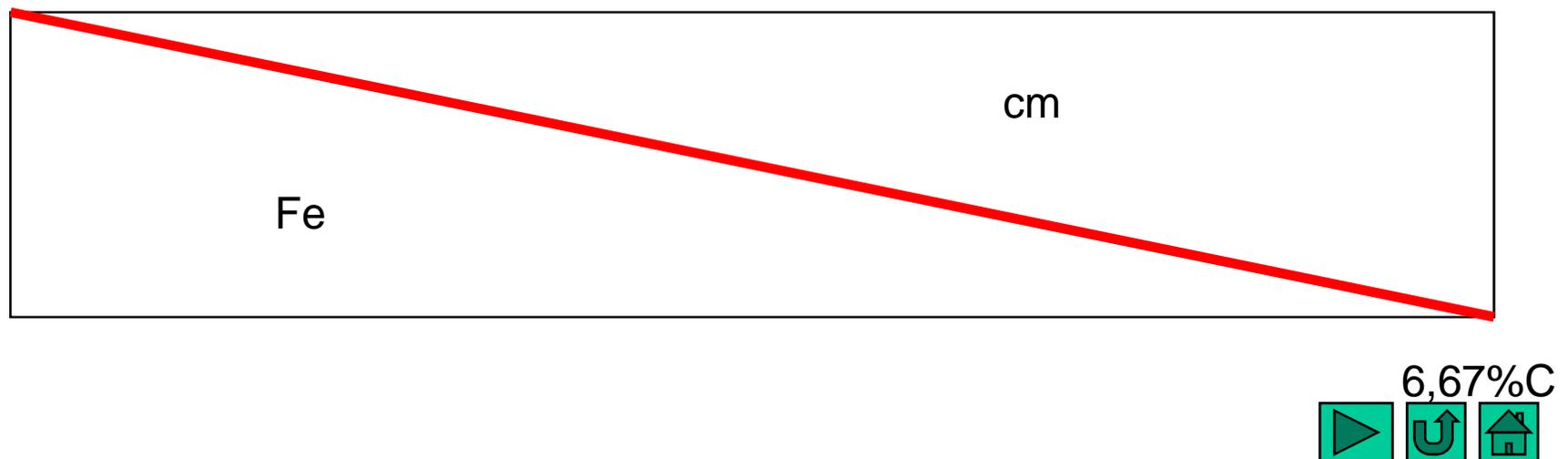
La ledeburite risulta composta da cm_1 e da γ



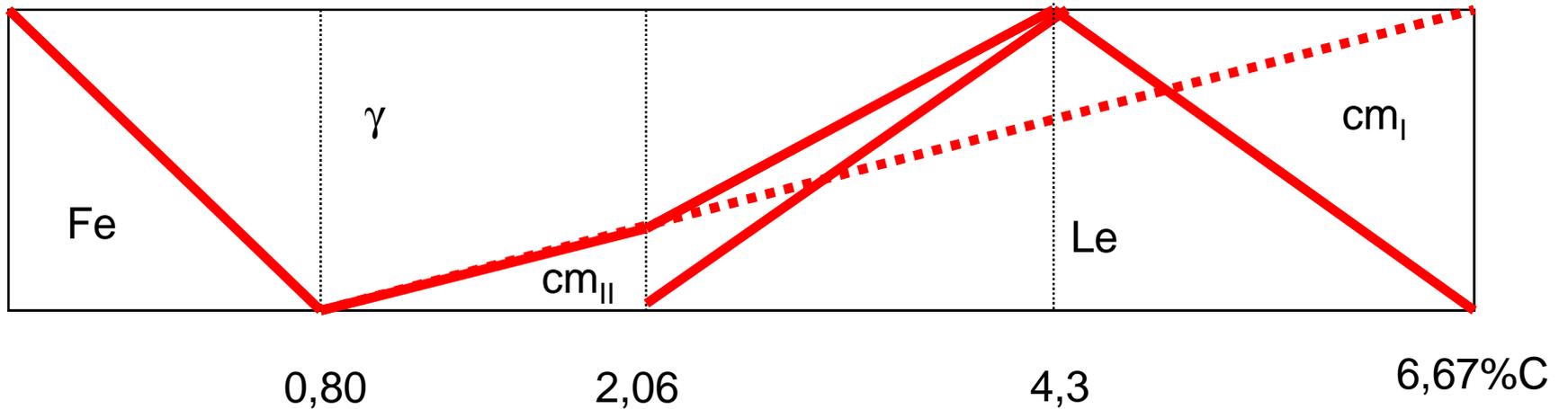
Fasi presenti a 723 °C + cioè un istante prima dell'inizio della trasformazione eutettoidica. Trascurando la cementite terziaria e cioè pensando che l'isoterma eutettoidica giunga fino allo 0%C e non allo 0,02%C (non in scala!).



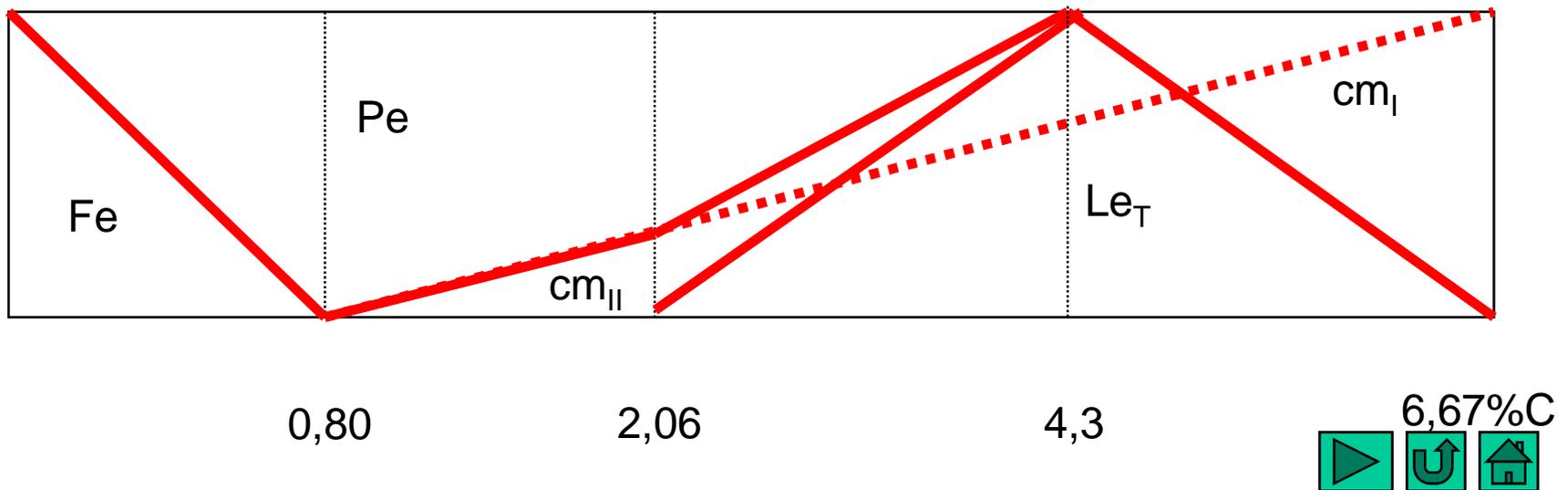
Fasi presenti a 723 °C - cioè al termine della trasformazione eutettoidica



Strutture presenti a 723 °C⁺ cioè un istante prima dell'inizio della trasformazione eutettoidica. Trascurando la cementite terziaria e cioè pensando che l'isoterma eutettoidica giunga fino allo 0%C e non allo 0,02%C (non in scala!).



Strutture presenti a 723 °C⁻ cioè al termine della trasformazione eutettoidica: si noti che γ è diventato Pe e Le è diventata Le_T



Perlite è il nome che viene dato all'eutettoide (presente nel campo degli acciai). Il nome deriva dall'aspetto perlaceo che si presenta alla osservazione al microscopio metallografico.

Nasce alla temperatura di 723 °C per una concentrazione dell'austenite pari allo 0,80 %C.

Quando nasce è formata da ferrite α che scioglie lo 0,20 % C e da cementite (carburo di ferro Fe_3C che contiene il 6,67 % C); questa cementite è detta secondaria perché proviene dalla dissoluzione della austenite (cementite primaria è quella che si forma direttamente dal liquido).

Poiché al diminuire della temperatura la ferrite α si satura con valori decrescenti di carbonio: 0,008 %C a temperatura ambiente avremo che all'interno della perlite appare la cementite terziaria (quella espulsa dalla ferrite α) e quindi possiamo affermare che la perlite è formata a temperatura ambiente T_a da: ferrite α (0,008 % C) + cementite secondaria + cementite terziaria.

Praticamente però la quantità di cementite terziaria è trascurabile e si può confondere la ferrite α con Fe (ferro): potremo affermare che la perlite è composta da ferro e cementite secondaria. (Meglio sempre dire da ferrite e cementite).



La ferrite proeutettoide segregata non sarà sempre della stessa qualità ma la concentrazione di carbonio sciolta sarà data dal suo confine: la concentrazione iniziale si determinerà tracciando l'isoterma che passa per il punto 3. Al diminuire della temperatura la concentrazione di carbonio aumenterà e raggiungerà il valore di 0,020 alla temperatura di 723 °C (temperatura eutetoidica). Al diminuire della temperatura, una volta avvenuta la trasformazione della austenite in perlite, tenderà al valore di 0,008 % C espellendo la cementite chiamata terziaria.

Se si trascura la cementite terziaria si potrà affermare che la austenite praticamente espellerà ferro al fine di raggiungere la concentrazione dello 0,80 % C per poi diventare perlite.



La ledeburite è il nome che viene dato all'eutettico (dallo studioso Ledebur); nasce alla temperatura di 1147 °C quando il liquido ha un tenore di carbonio pari al 4,3%. Quando nasce è formata da austenite γ (2,06%C) e da cementite primaria Fe_3C (6,67%C); al diminuire della temperatura l'austenite seguendo la sua curva di saturazione passerà dal tenore sciolto di 2,06%C al tenore di 0,80%C alla temperatura di 723 °C: espellerà cementite, che sarà chiamata secondaria. Alla temperatura di 723 °C, isotermicamente, diventerà perlite. La ledeburite assumerà il nome di ledeburite trasformata e conterrà: perlite(0,80%C), cementite secondaria, cementite primaria (quella che si era formata a 1147 °C e che poi ha osservato l'austenite nel processo di saturazione. Trascurando la cementite terziaria le strutture presenti a 723 °C saranno le stesse presenti a temperatura ambiente.

