

**LE MODÈLE DE
CROISSANCE
ÉCONOMIQUE DE SOLOW**

Présentation générale

- Quels en sont les éléments « incontournables » ?
 - Production = transformation du travail et du capital en biens finaux
 - Accumulation et dépréciation de capital
 - Croissance démographique
 - Progrès technologique
- Hypothèses du modèle :
 - Plein emploi des ressources productives
 - Rendements d'échelle constants
 - Rendements factoriels décroissantes
 - Une fonction constant du produit est affecté à la consommation. Donc $s = s'y$ avec s' , propension à épargner
 - Toute l'épargne est investie. Donc $i = s$
 - Le facteur travail augmente au taux n
 - L'intensité capitaliste k est variable d'où des facteurs de production substituables.

Caractéristiques de la fonction de production

- Un modèle réducteur :
 - Solow modélise une fonction de production et le comportement de maximisation sous contrainte d'un agent représentatif → il n'y a donc ni échange, ni prix. Seules les évolutions en quantité ont un sens (production, emploi...)
 - Il n'y a qu'un seul bien de produit, consommé et utilisé comme input.
- C'est le revenu par tête (= production par tête) qui compte :

$$Y = F(K, L)$$

$$\frac{Y}{L} = F\left(\frac{K}{L}, 1\right)$$

$$\Rightarrow y = f(k)$$

- Plus de capital par travailleur = Plus de production par travailleur.

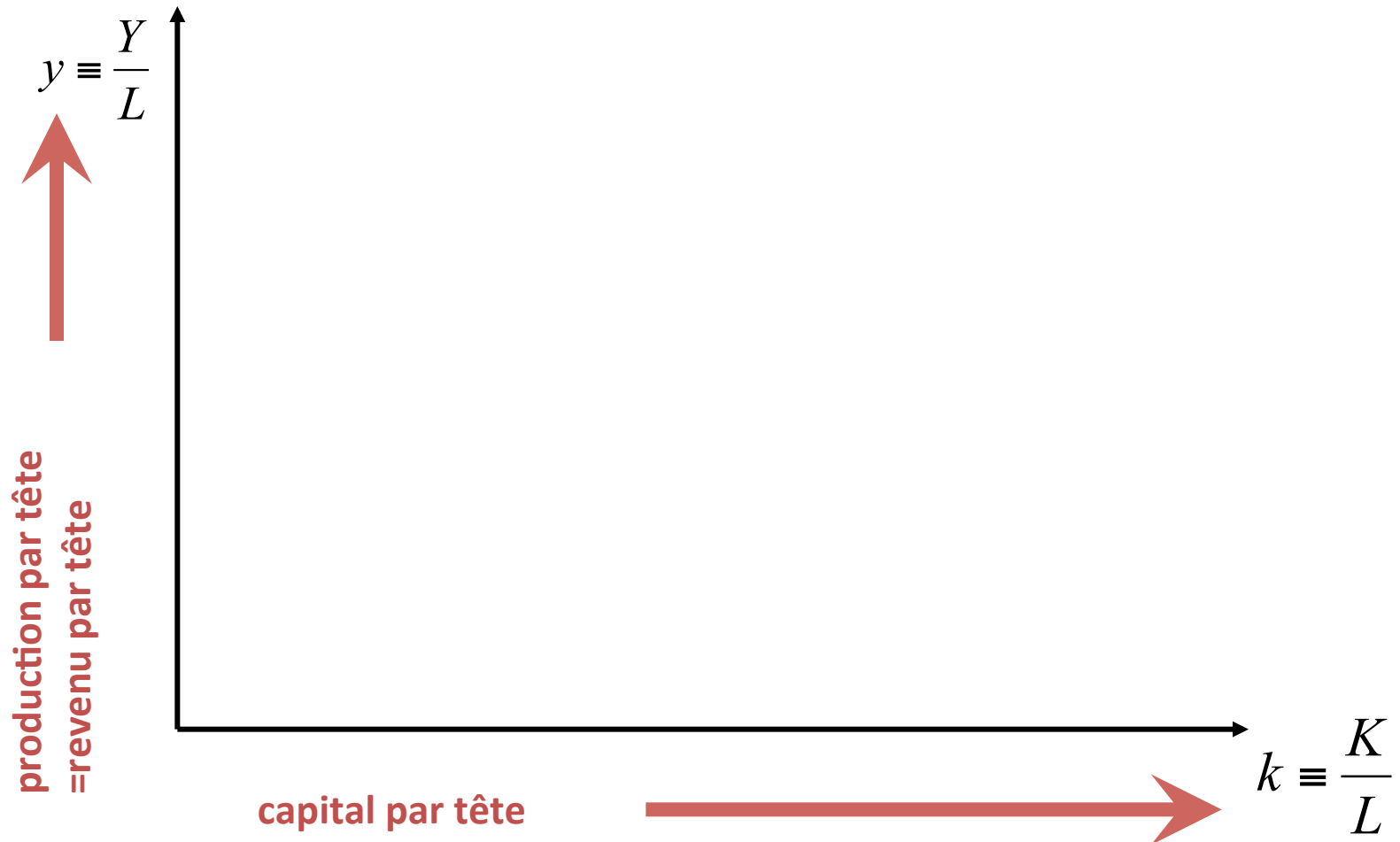
$$y = f(k) \qquad f'(k) > 0$$

- Mais les rendements factoriels sont décroissants : la production par travailleur augmente de moins en moins fortement.

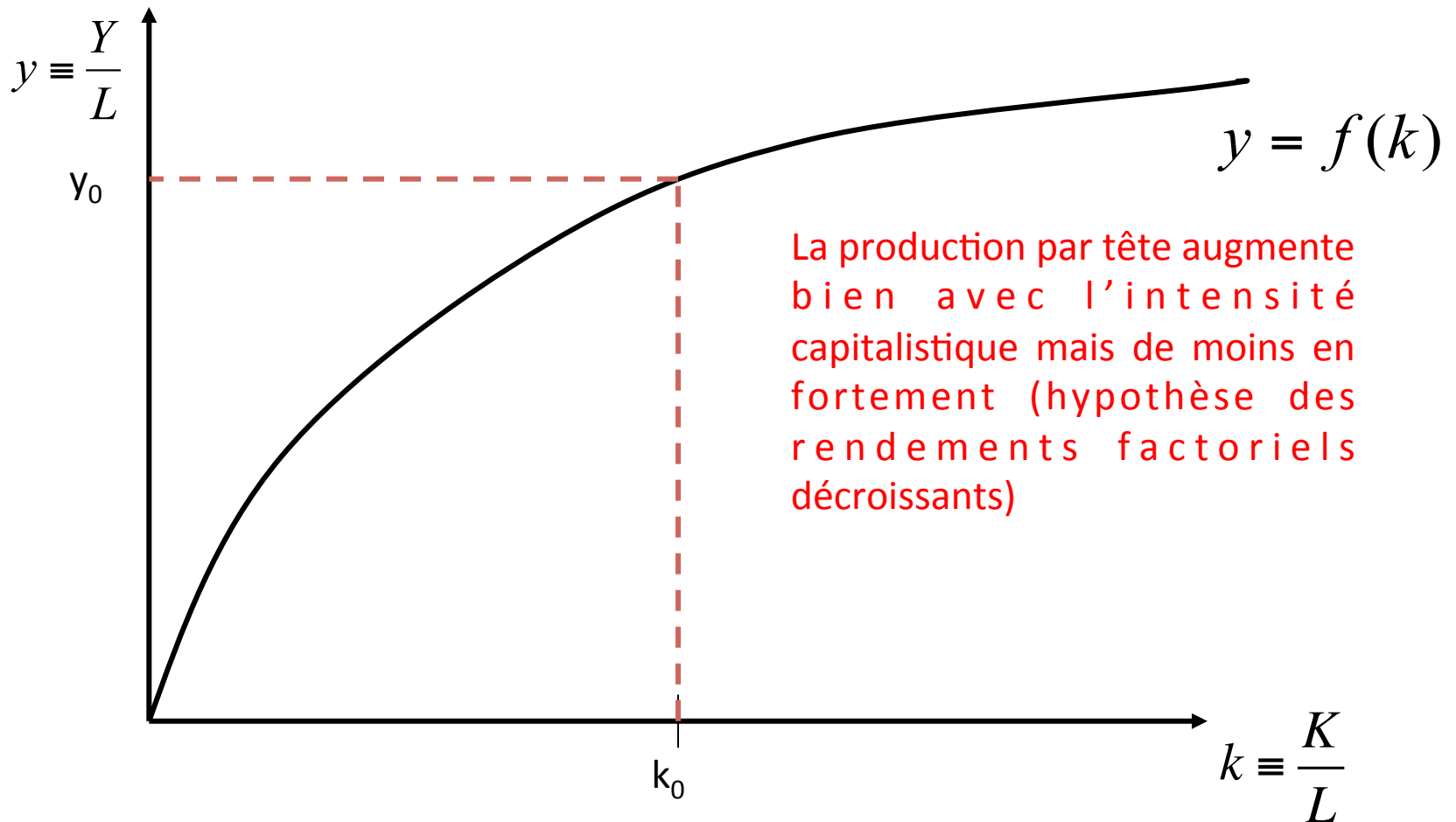
$$f''(k) < 0$$

- **Comment représenter graphiquement cette fonction de production, à savoir que la production par travailleur augmente avec l'intensité capitaliste mais de moins en moins fortement ?**

Caractéristiques de la fonction de production



Caractéristiques de la fonction de production



La production par tête augmente bien avec l'intensité capitaliste mais de moins en moins fortement (hypothèse des rendements factoriels décroissants)

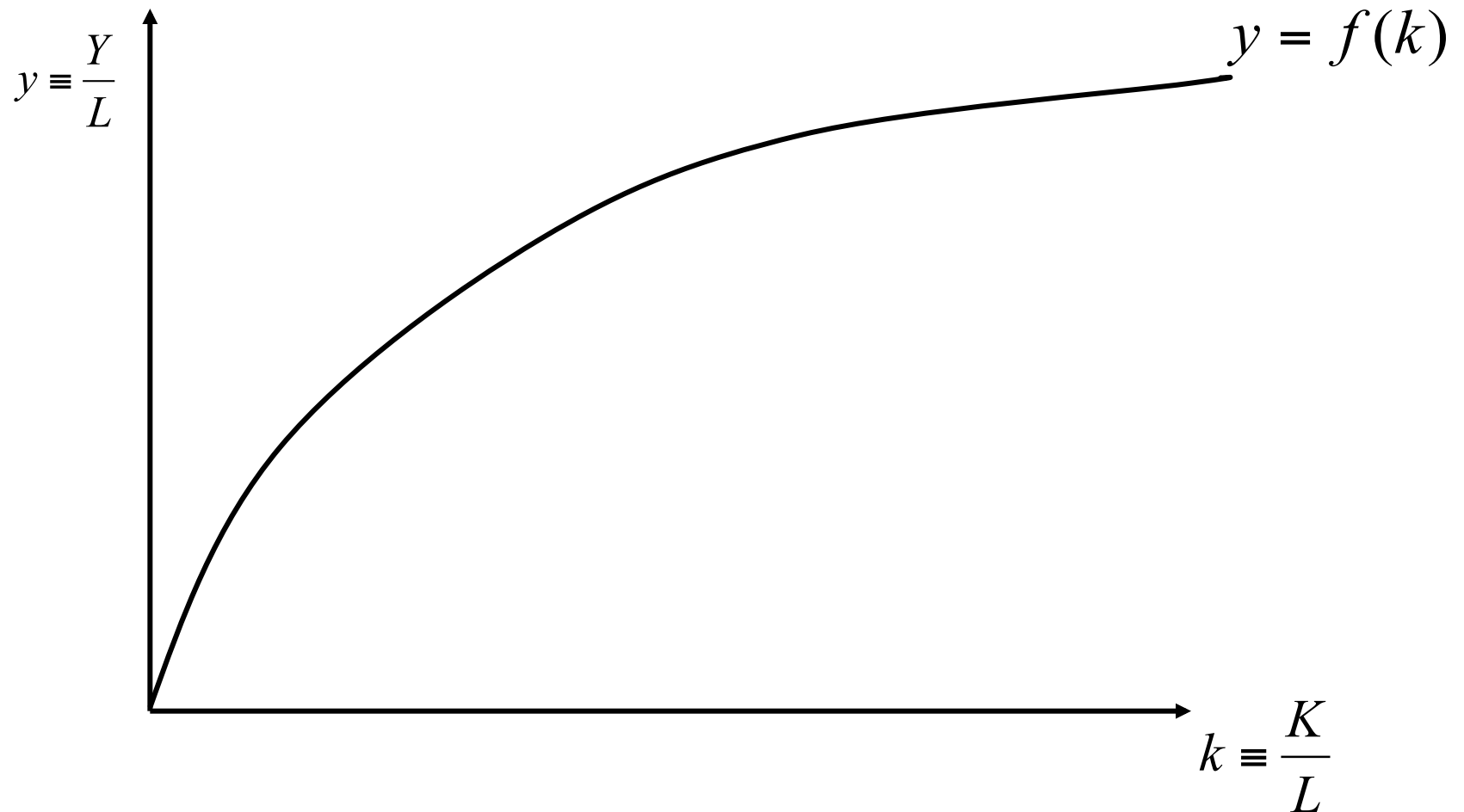
(On raisonne à facteur travail constant)

Accumulation du stock de capital

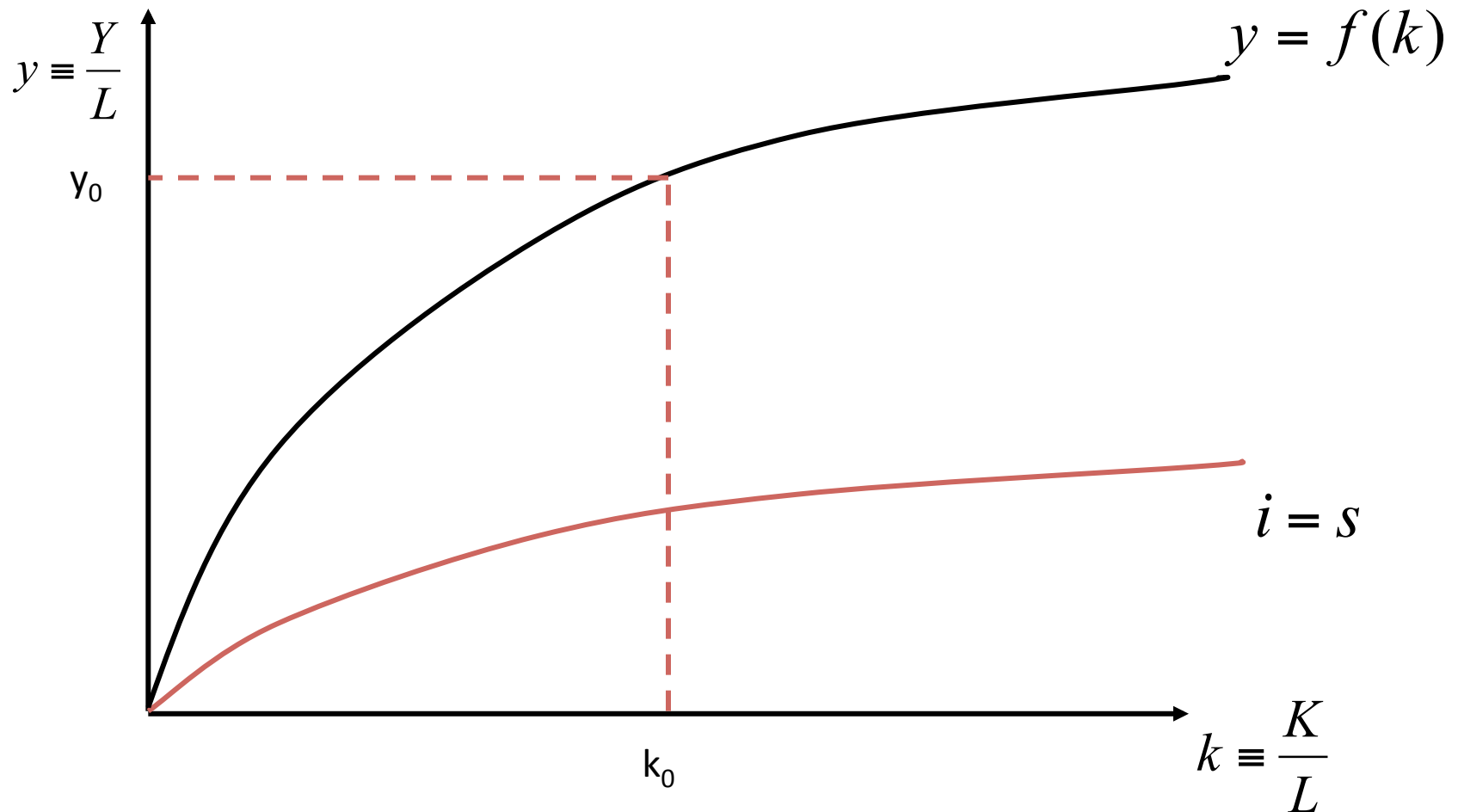
- Deux processus dynamiques dans le modèle :
 - Accumulation du stock capital
 - Diminution du stock de capital
- Accumulation du capital provient d'une hausse de l'investissement par tête i
- Cet investissement i provient de l'épargne du travailleur s
 - Logique néoclassique du modèle : $i = s$ grâce aux variations du taux d'intérêt ;
- L'épargne s provient du revenu du travailleur. Hypothèse qu'il épargne une proportion constante de son revenu. D'où $s = s'y$, avec s' la propension à épargner et y leur revenu.

Si $i = s$, alors $i = s'y$, avec $0 < s' < 1$

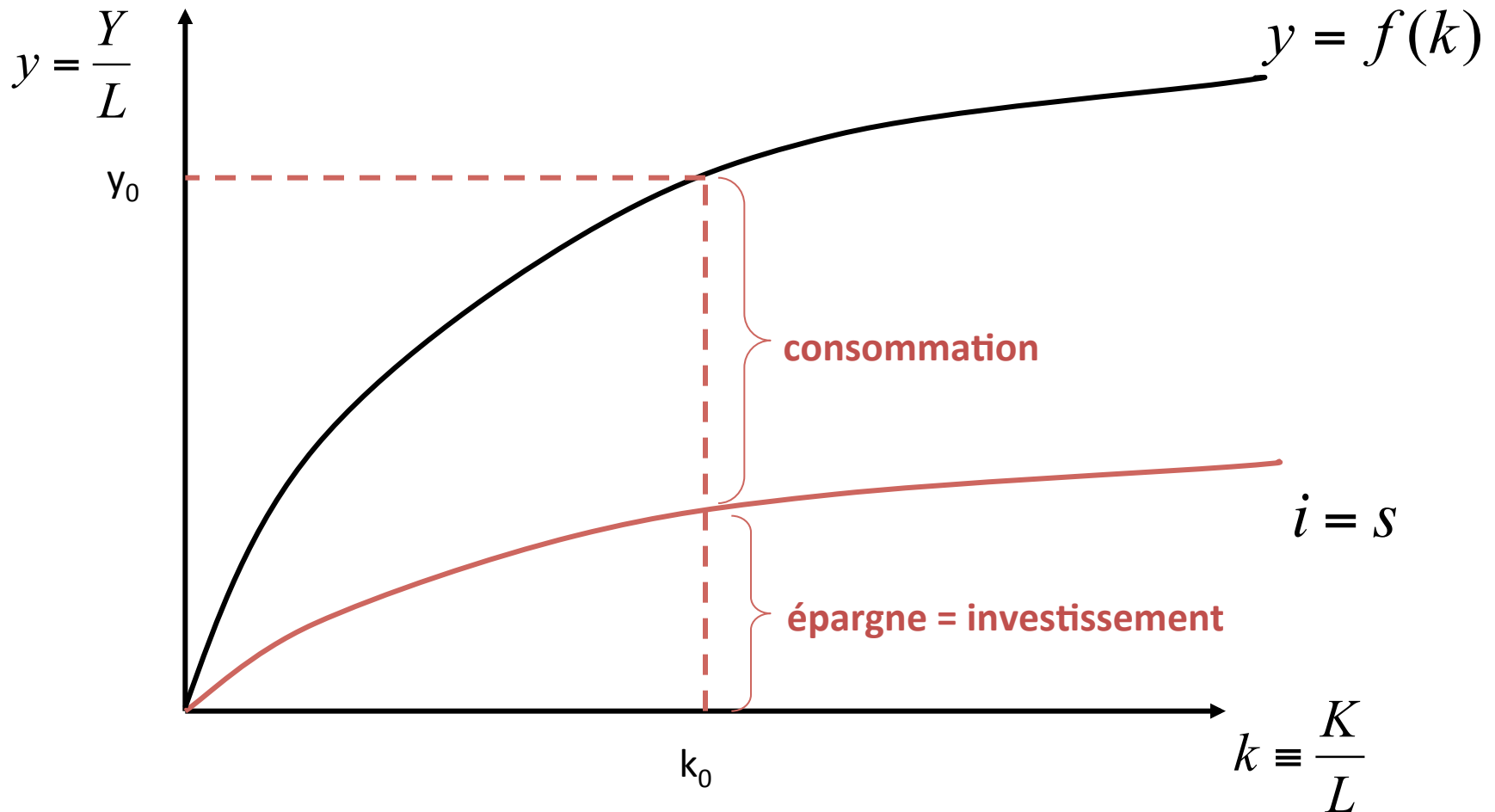
Accumulation du stock de capital



Accumulation du stock de capital



Accumulation du stock de capital



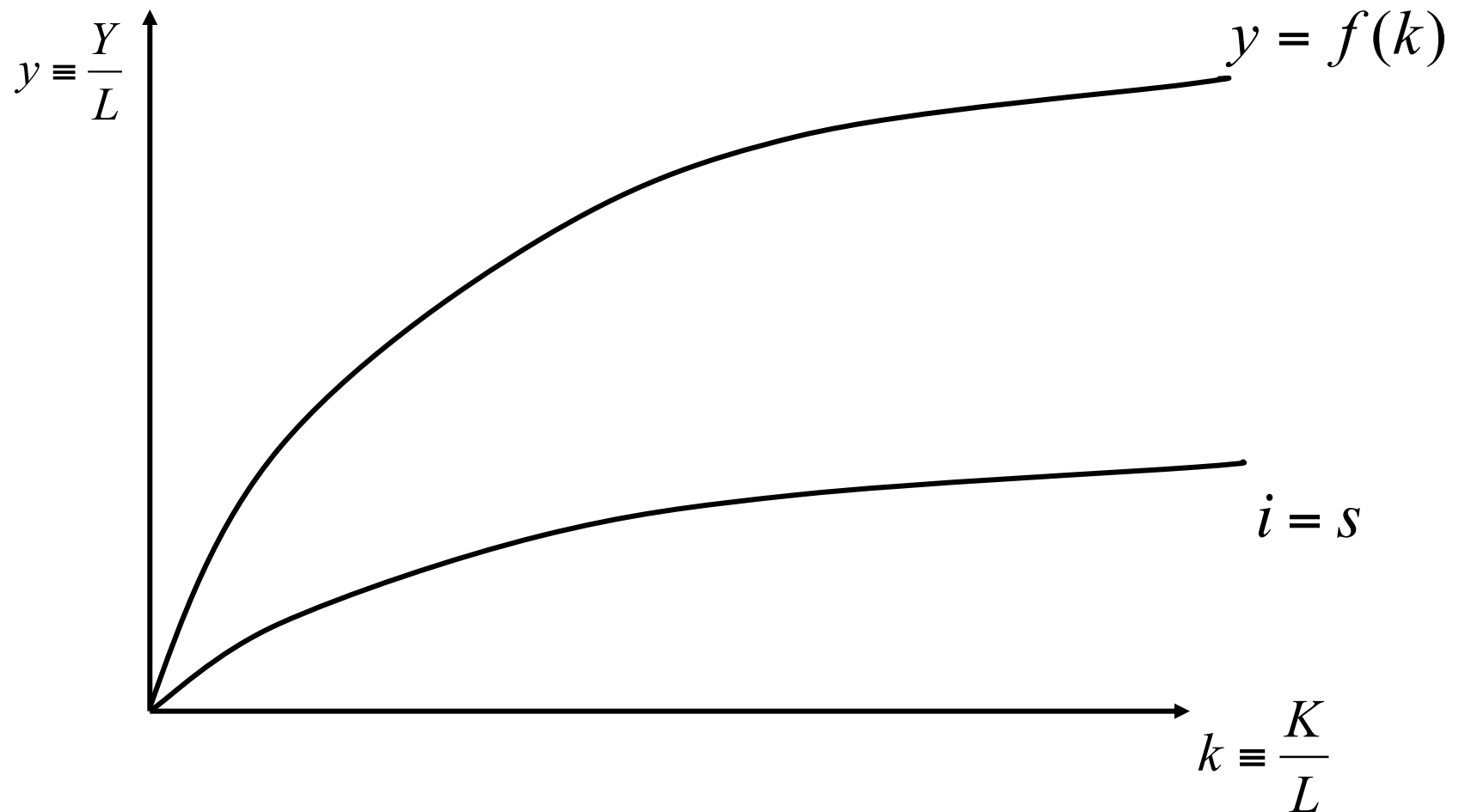
La diminution du stock du capital

- Deux facteurs à l'origine de la diminution du stock de capital :
 - Usure du capital (= amortissement) : plus le stock de capital augmente, plus le volume de capital qui se déprécie augmente
 - Croissance démographique qui tend à réduire le stock *par tête*
- En somme, donc, la diminution du stock de capital par tête, de son taux de détérioration et du taux de croissance démographique.
- Faisons l'hypothèse qu'une proportion constante du stock est perdue chaque année à cause de la détérioration δ et de la croissance démographique n . La fonction de diminution du capital peut s'écrire :

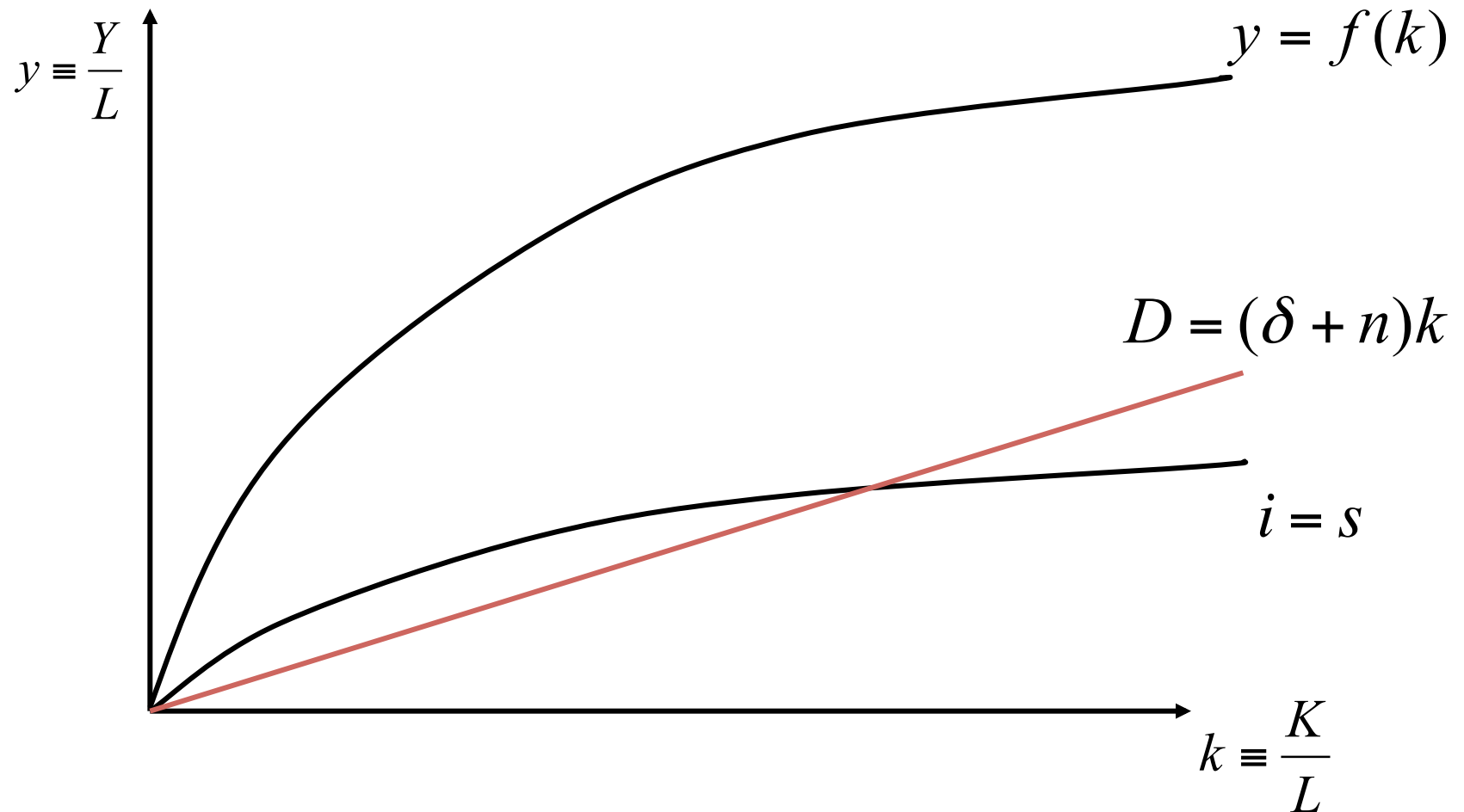
$$D = k(\delta + n)$$

→ Plus la quantité de capital par tête k augmente plus la diminution du stock de capital augmente à cause de l'amortissement et de la croissance démographique.

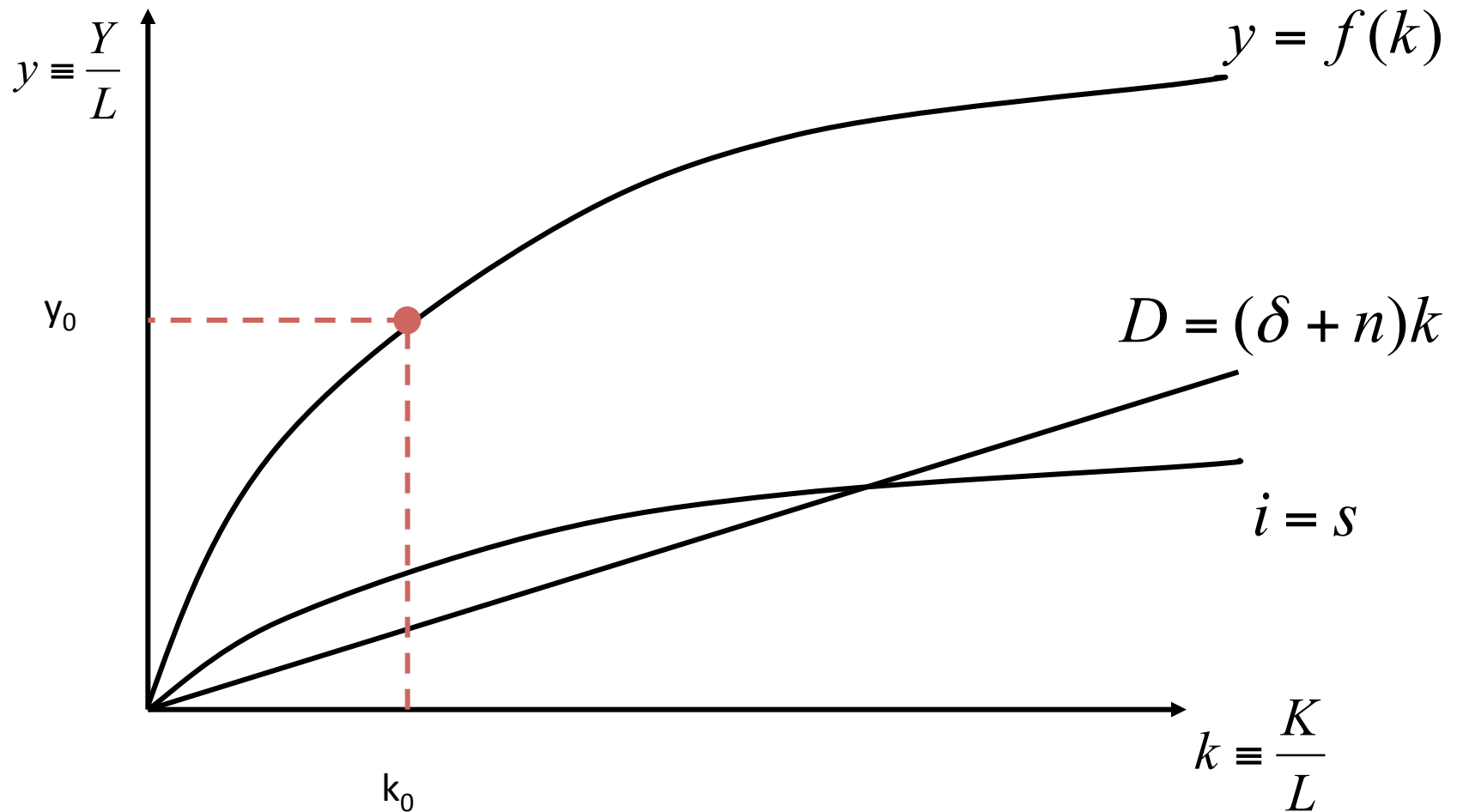
La diminution du stock du capital



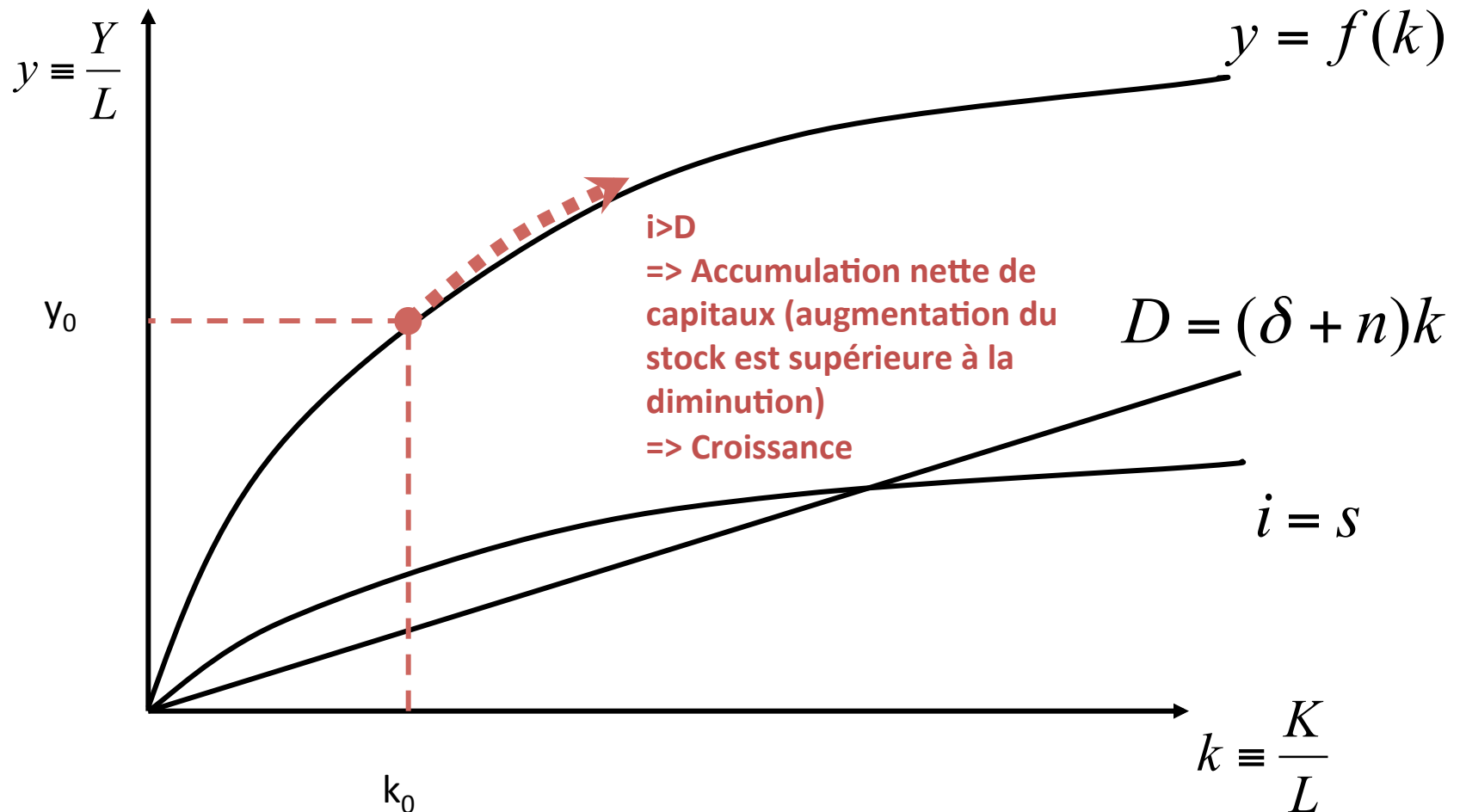
La diminution du stock du capital



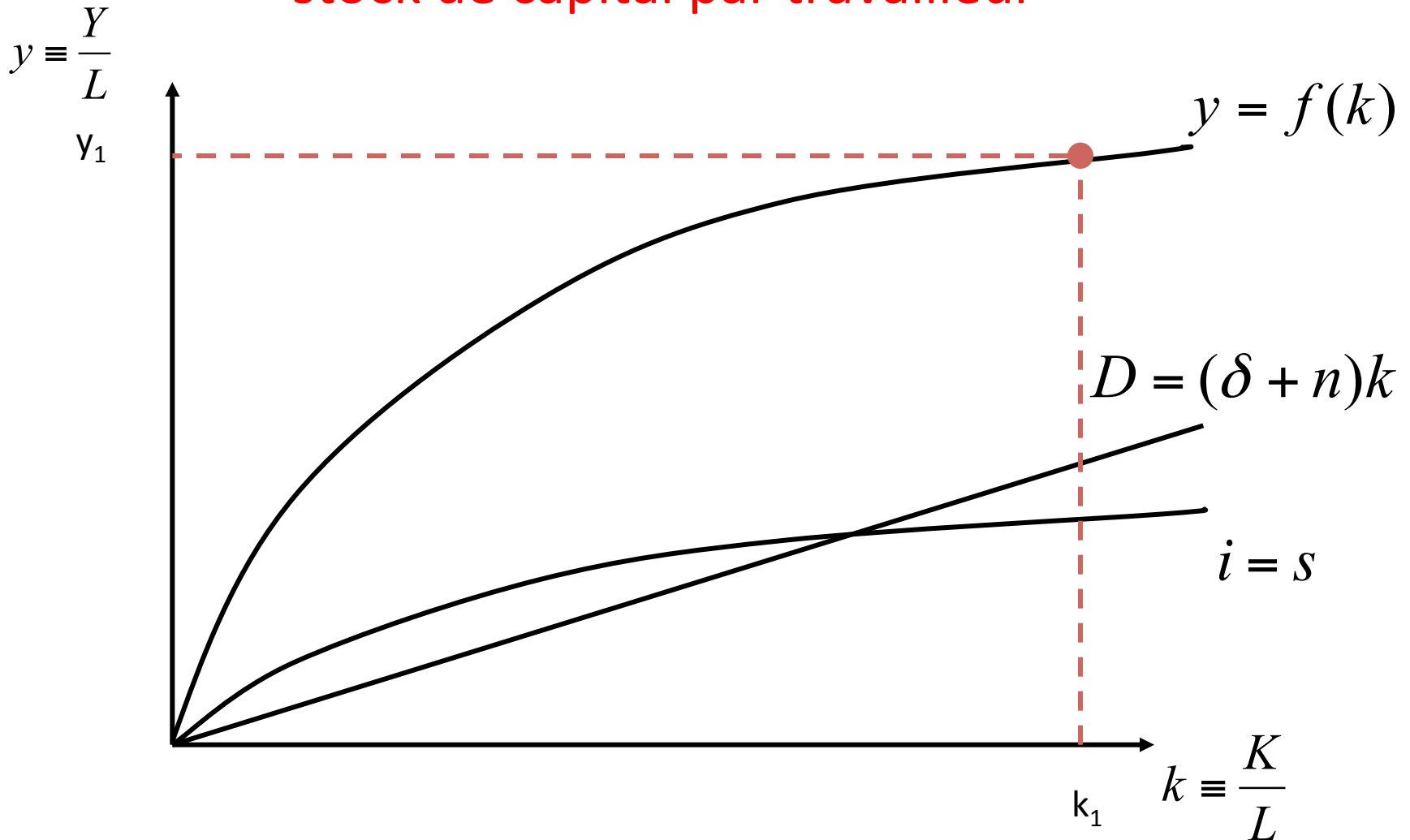
Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur



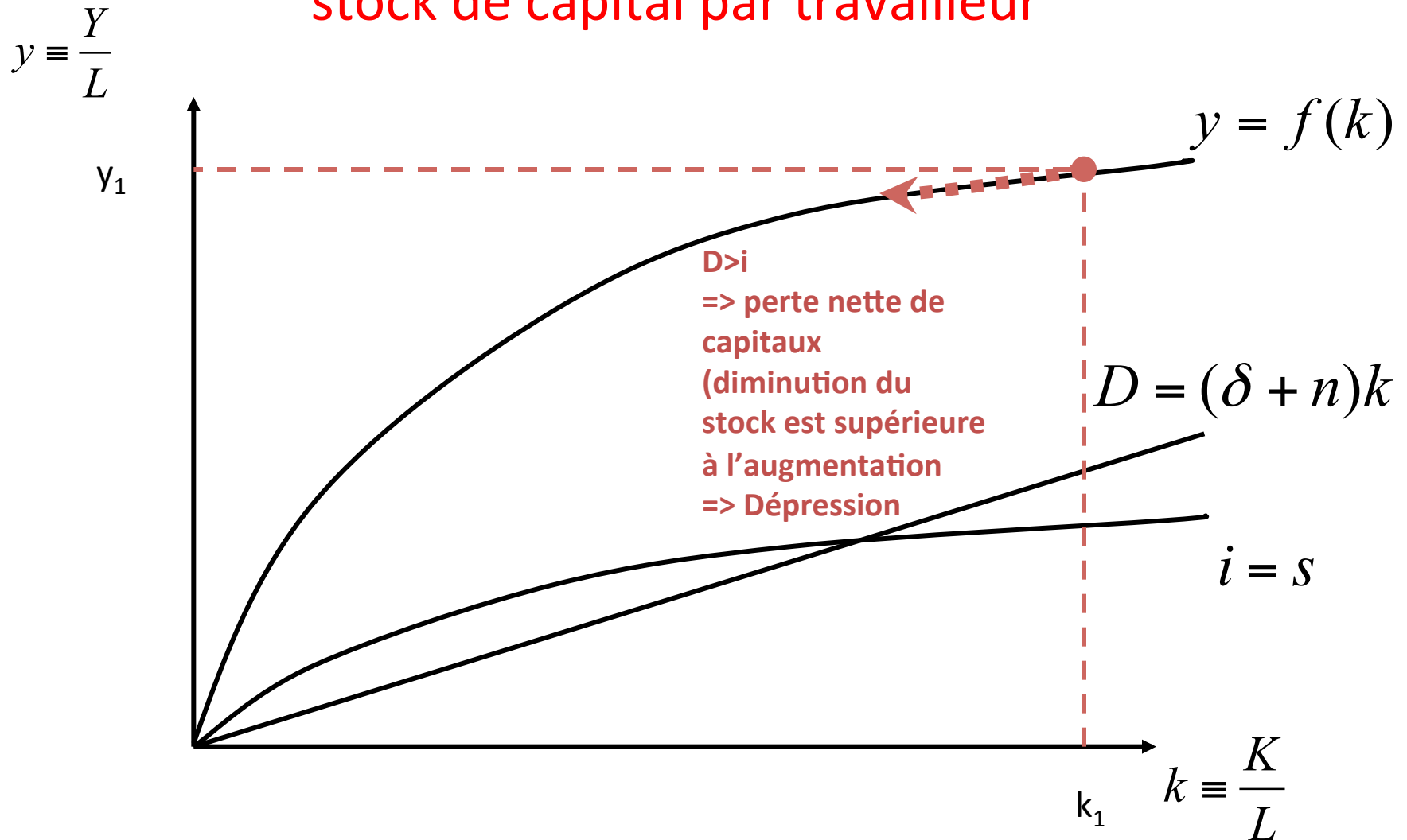
Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur



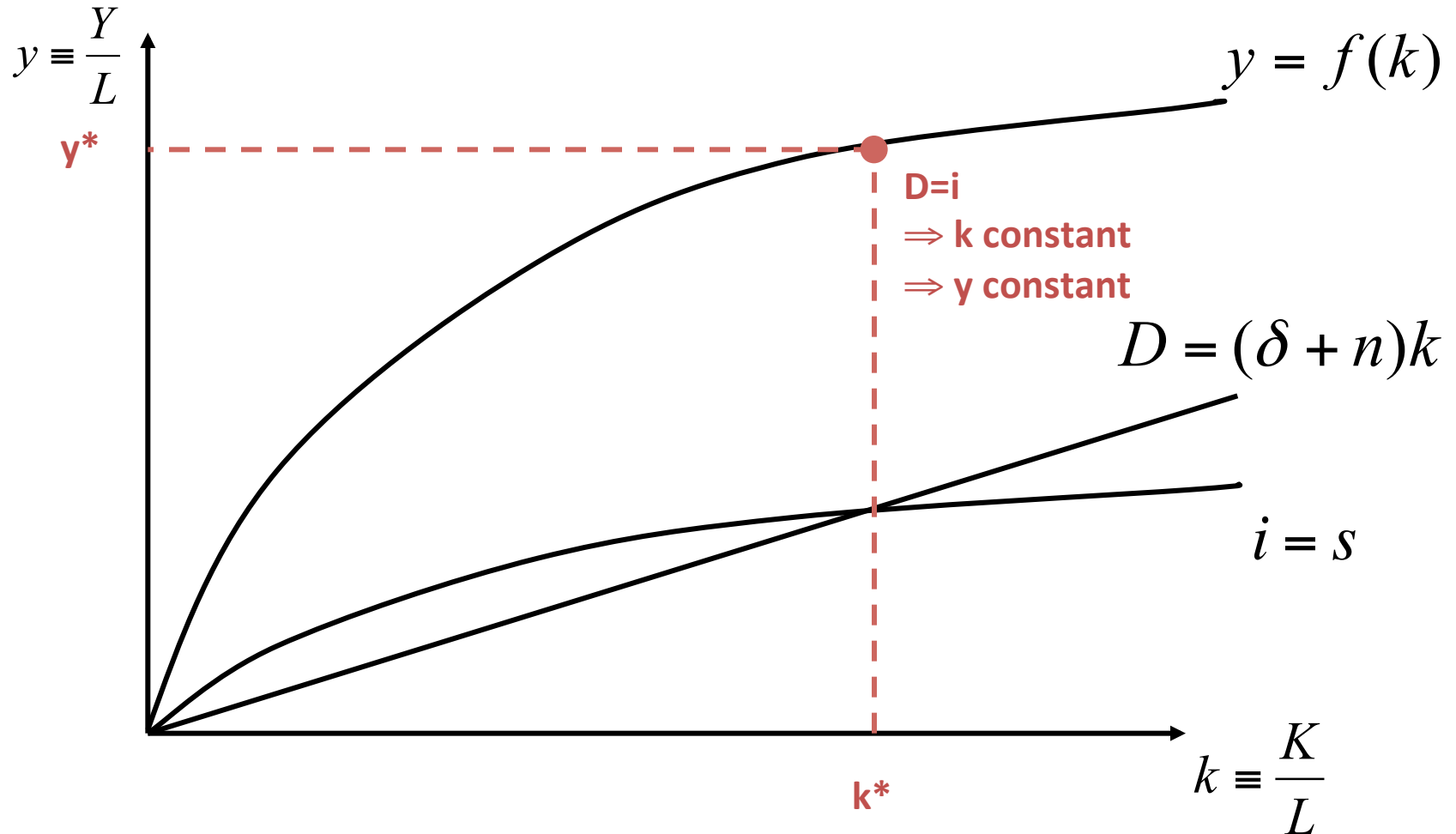
Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur



Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur



Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur



Aspects dynamiques : vers un état stationnaire du stock de capital par travailleur

- L' équilibre dans le modèle de Solow peut se résumer comme suit :
 - entre k_0 et k^* , le stock de capital par tête progresse car $i > D$, il y a donc un processus de croissance économique
 - Mais entre k^* et k_1 , le stock de capital diminue car $D > i$, il en résulte une phase de dépression, donc de contraction de l'économie
 - A long terme, le stock de capital tend vers un niveau k^* , qui correspond à l'état stationnaire du stock de capital par tête
- En k^* , le revenu par tête est donc stable, ce qui veut dire que la croissance du PIB par tête s'arrête !
- Autrement dit, un pays qui commence à k_0 aura une croissance économique au moyen terme (jusqu' à k^*), mais PAS de croissance au long terme !
- Comment réconcilier le modèle avec la réalité ?

Comment assurer une croissance économique à long terme ?

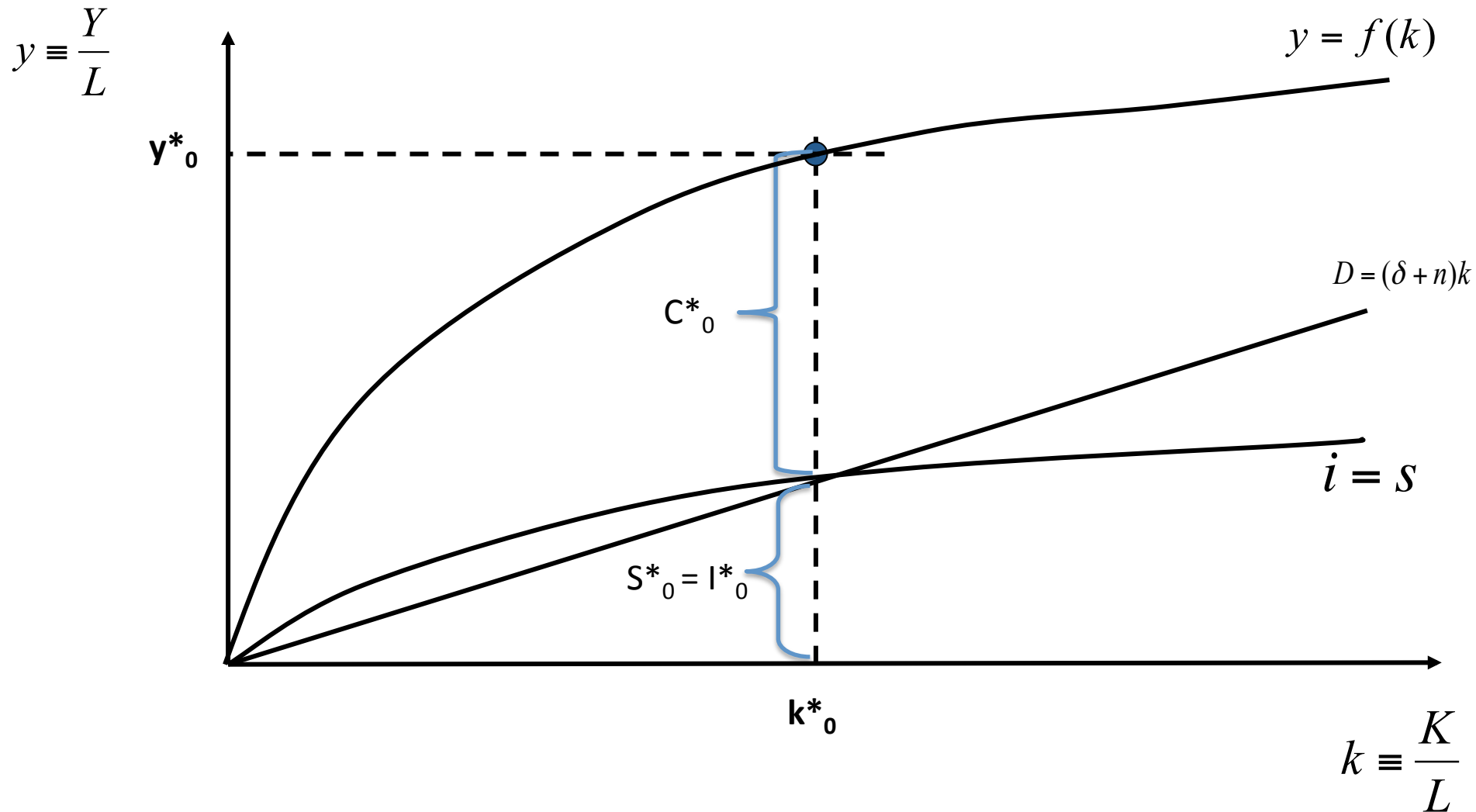
- Est-ce possible d'assurer une croissance au long terme par le biais d'une des mesures suivantes ?
 - Hausse du taux d'épargne (ou d'investissement) ?
 - Baisse de la croissance démographique ?
 - Progrès technologique ?

Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la hausse du taux d'épargne)

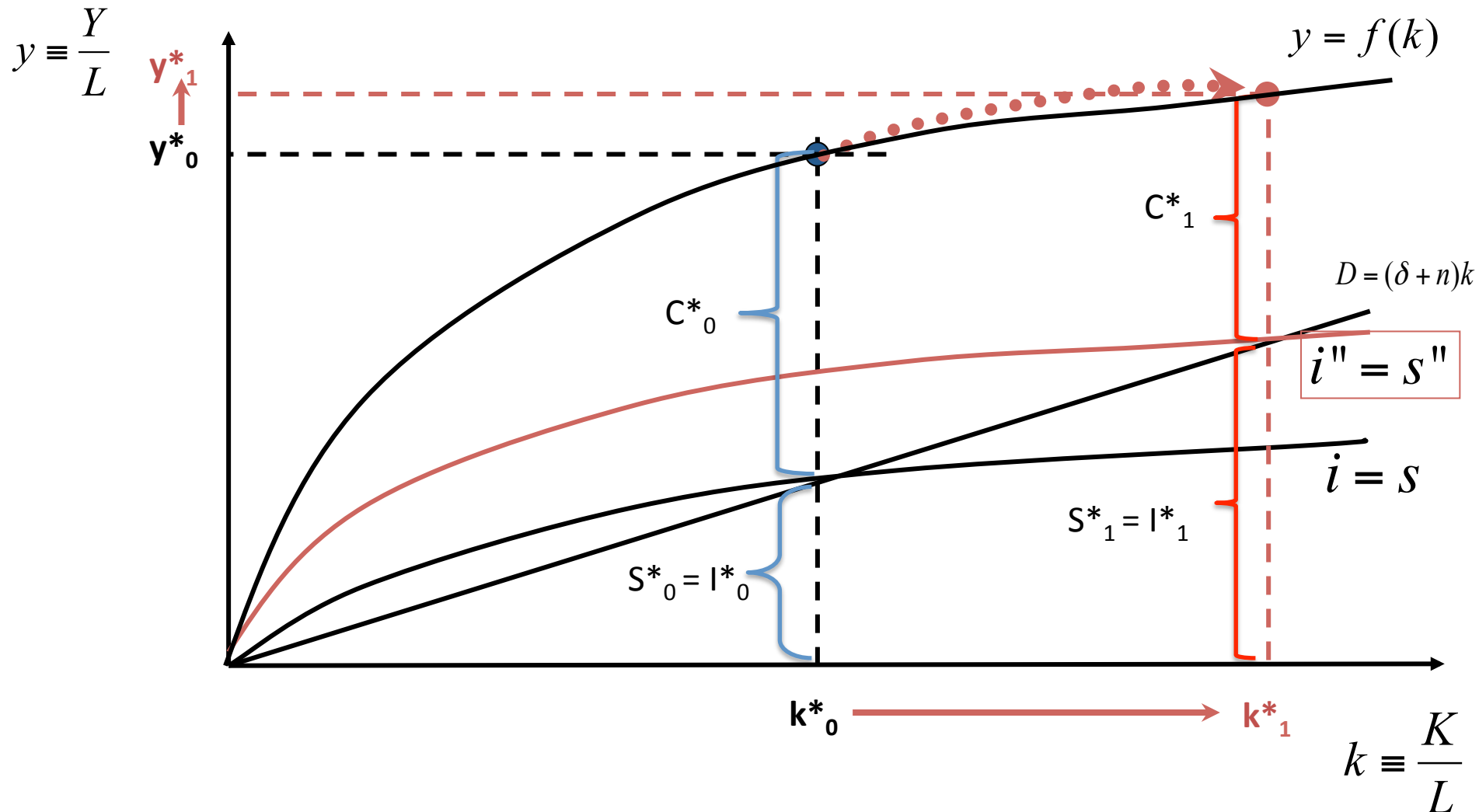
- La hausse du taux d'épargne exerce deux effets contradictoires :
 - La hausse du taux d'épargne s permet d'augmenter le niveau d'investissement i , le stock de capital par tête k et donc d'accroître le niveau de production $f(k)$ et donc le revenu par tête y
 - Mais, même si le revenu par tête y est plus élevé, la propension à consommer diminue car le revenu se partage entre l'épargne et la consommation

→ Voyons graphiquement la représentation !

Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la hausse du taux d'épargne)



Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la hausse du taux d'épargne)



Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la hausse du taux d'épargne)

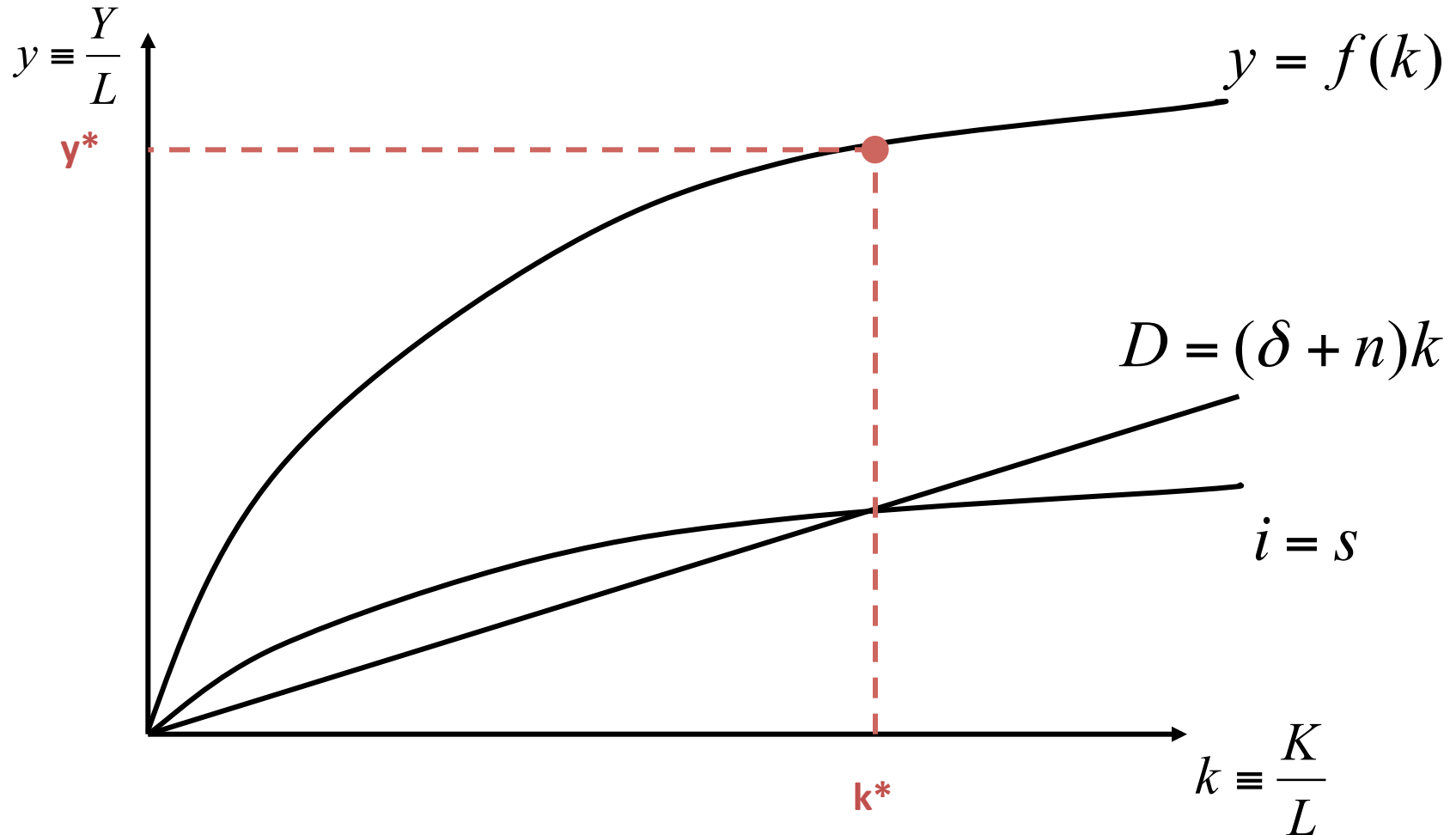
- Entre k^*_0 et k^*_1 , suite à la hausse du taux d'épargne ($S \rightarrow S''$), on constate que :
 - le volume de production augmente
 - L'investissement augmente puisqu'il passe de I^*_0 à I^*_1
 - le niveau de revenu par tête également puisqu'il passe de y^*_0 à Y^*_1
 - Une baisse de la consommation puisque la propension à consommer puisqu'elle passe de C^*_0 à C^*_1
- Comment trouver le taux d'épargne optimal, c'est-à-dire qui permettent à la fois d'accroître le niveau d'investissement pour lutter contre l'état stationnaire et, en même temps, assurent le niveau de consommation par tête le plus élevé possible ?
 - D'après « la règle d'or de l'accumulation du capital », c'est le cas lorsque la productivité marginale du capital est égale au taux de croissance de l'économie
 - Mais, comme la productivité marginale du capital s'interprète également comme le taux d'intérêt réel si l'on suit l'hypothèse néoclassique de la rémunération des facteurs, la règle d'or peut aussi se définir par l'égalité : taux d'intérêt réel = taux de croissance de l'économie

Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la hausse du taux d'épargne)

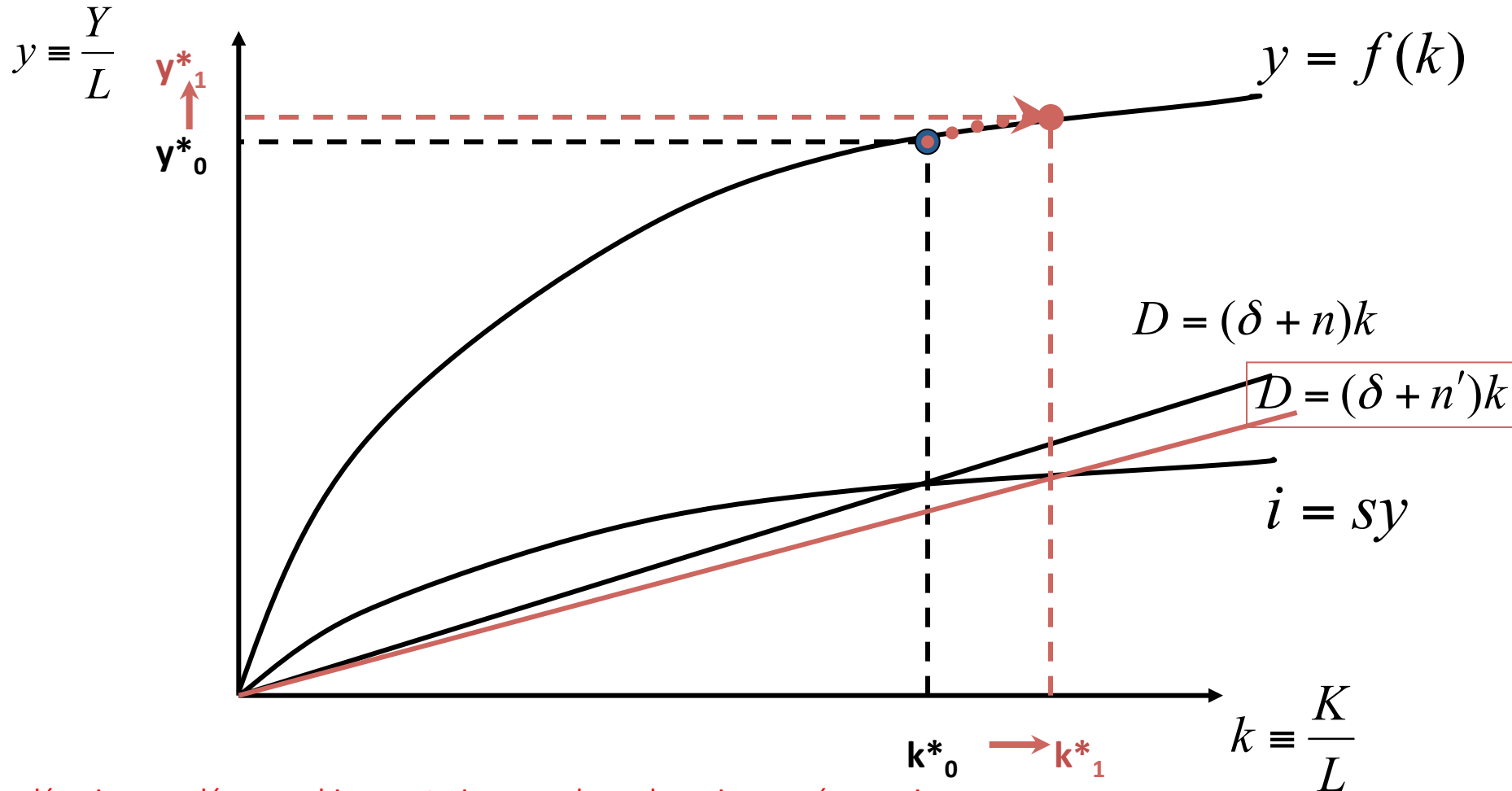
Conclusion :

- La hausse du taux d'épargne permet de lutter contre l'état stationnaire et de stimuler la croissance économique
- Mais cette solution pose deux problèmes :
 - Il faut suivre la « règle d'or » pour ne pas affecter le niveau de consommation;
 - Ce n'est qu'une solution à moyen terme car même si le stock de capital par tête augmente, à terme l'économie retrouve son sentier d'équilibre en fonction de cette « règle d'or ». Il n'y a alors plus de croissance économique ! La hausse du taux d'épargne n'est pas une solution à long terme.

Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la décroissance démographique)

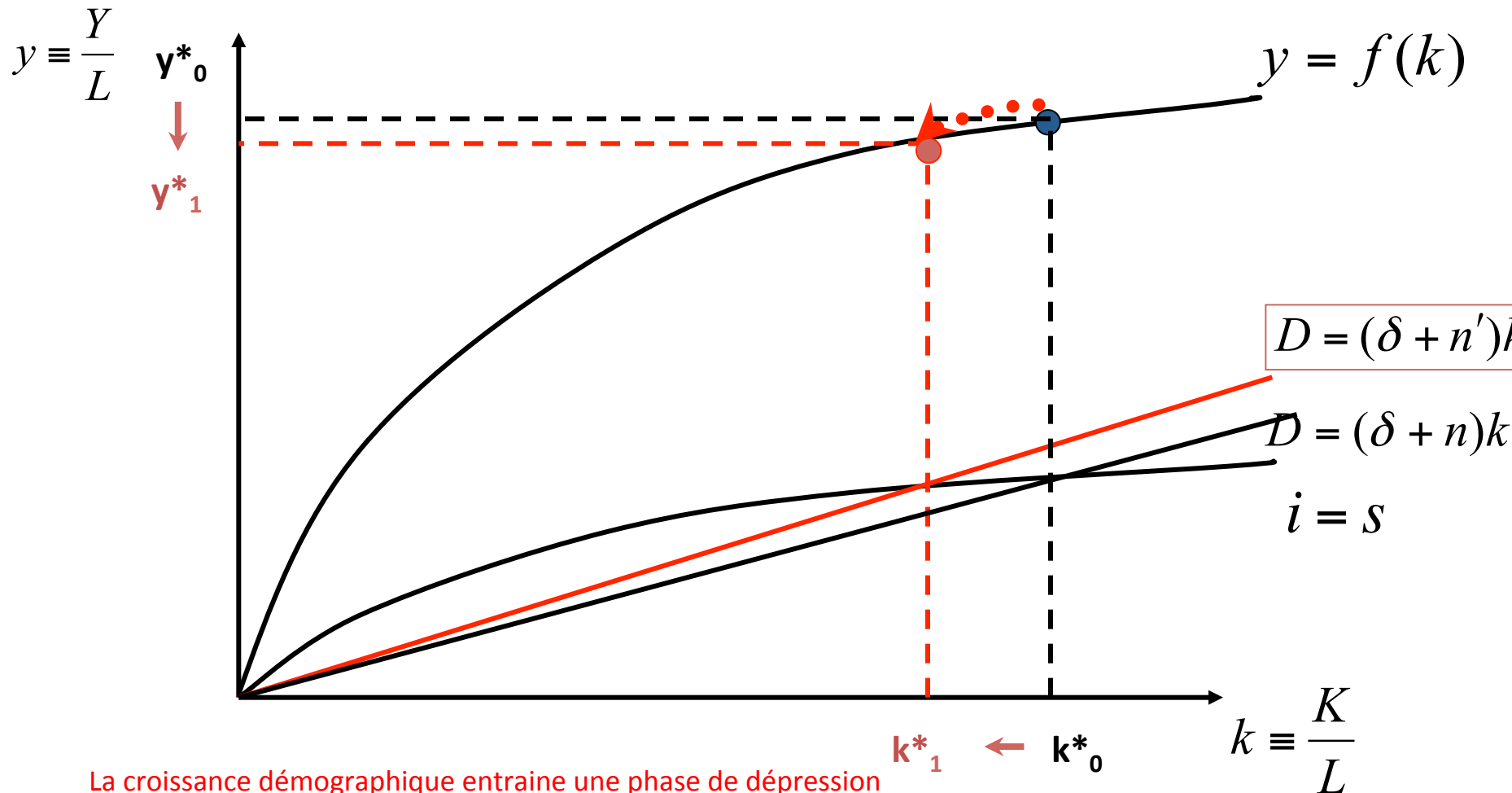


Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la décroissance démographique)



La décroissance démographique entraîne une phase de croissance économique

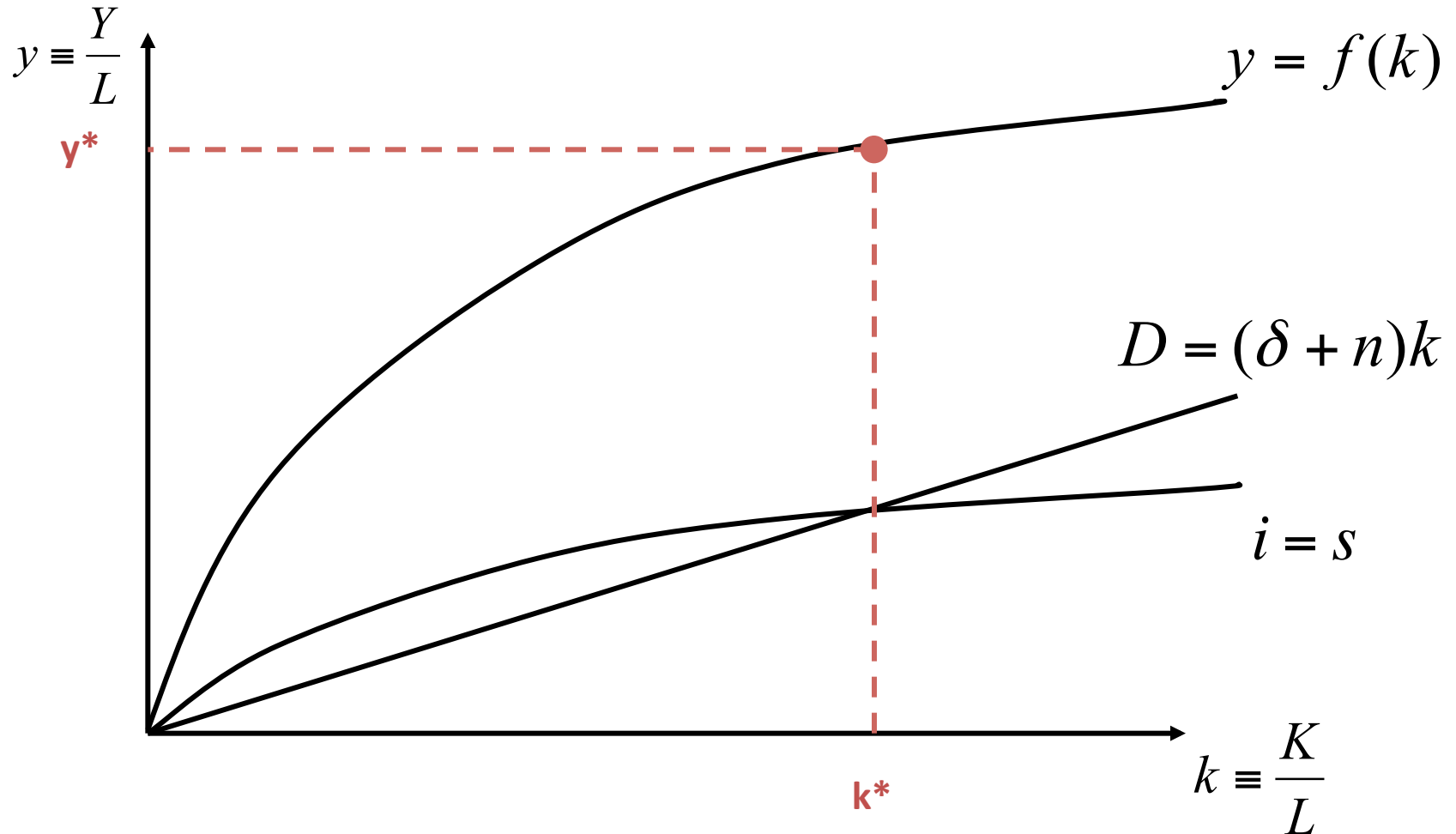
Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la croissance démographique)



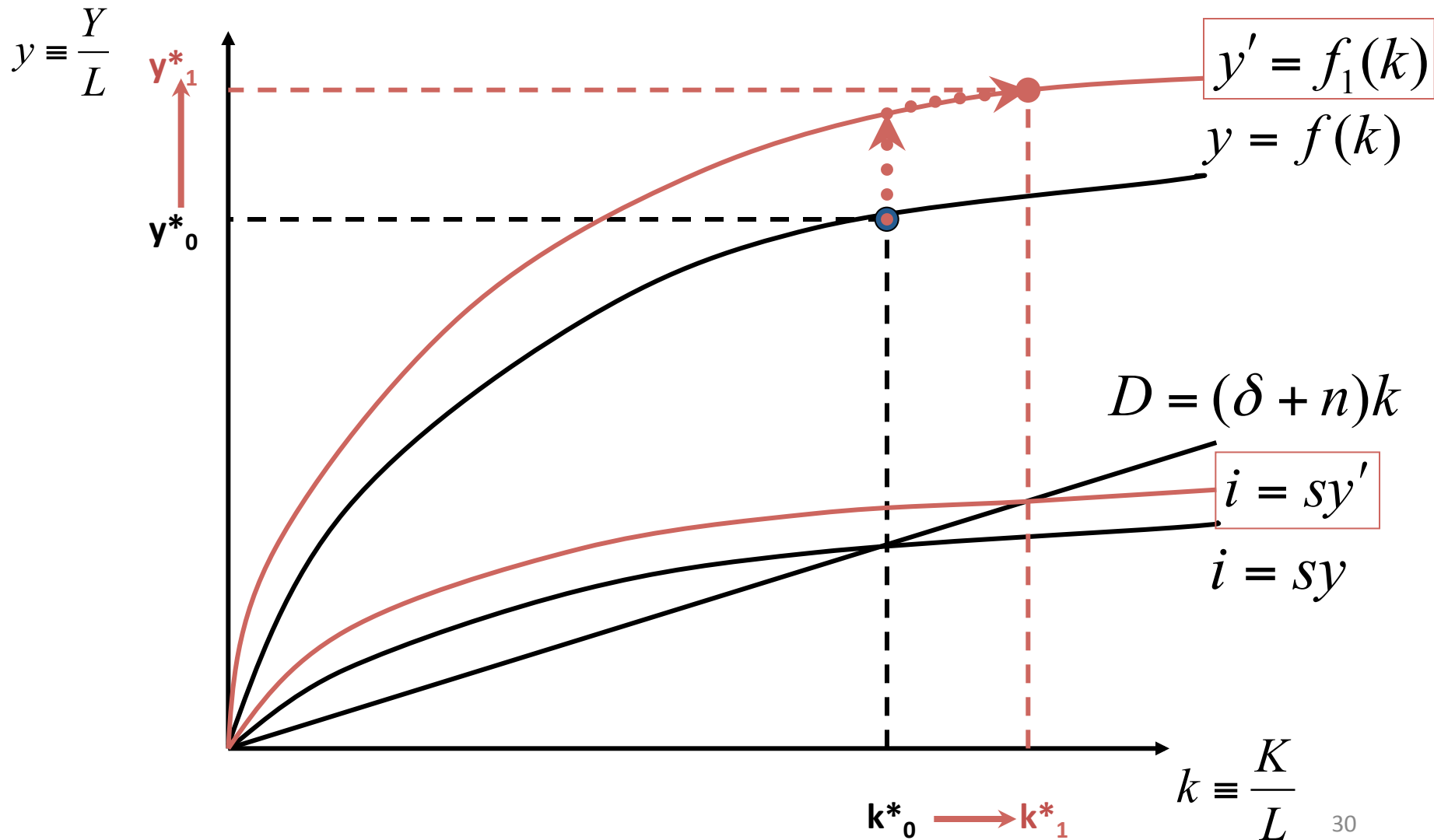
Comment assurer une croissance économique à long terme ? (la (dé)croissance démographique)

- La décroissance démographique augmente le stock de capital par tête, d'où une augmentation du volume de production et du niveau de revenus par tête. Néanmoins, pas une solution : on ne décrète pas une décroissance démographique aussi facilement ; difficile à mettre en place et effet à long terme. (Ex : politique de l'enfant unique)
- La croissance démographique réduit le stock de capital par tête, d'où une contraction du volume de production. Possibilité de lutter contre cette dépression par une hausse parallèle du taux d'épargne pour maintenir le stock de capital par tête constant. Dans ces conditions, le niveau de production augmente, mais le revenu par tête demeure constant car le stock de capital par tête est stable.

Comment assurer une croissance économique à long terme ? (le progrès technique)



Comment assurer une croissance économique à long terme ? (le progrès technique)



Comment assurer une croissance économique à long terme ? (le progrès technique)

- Le progrès technologique est à l'origine d'une phase de croissance économique car :
 - La hausse de la productivité fait croître le niveau de production ($y \rightarrow y'$)
 - La hausse de production entraîne une hausse du revenu par tête ($y^*_0 \rightarrow y^*_1$)
 - Le niveau d'épargne et, donc d'investissement, augmente car le revenu est plus élevé ($i = sy \rightarrow i = sy'$)
 - Le stock de capital par tête augmente également ($k^*_0 \rightarrow k^*_1$)
- Le progrès technique est la seule manière de soutenir la croissance économique et une hausse du revenu par tête à long terme car c'est le seul moyen d'accroître le niveau de productivité et de modifier la fonction de production. Dans le cas du taux d'épargne et de la décroissance démographique, la croissance retrouve toujours à terme son sentier d'équilibre car ils n'influent pas sur la nature de la fonction de production, mais uniquement son niveau.

1^{er} intérêt du modèle de Solow : le « résidu » ou la mesure du progrès technique

- Le modèle de Solow aide à mesurer le rôle du progrès technique dans la croissance économique. A partir de la fonction de production du modèle, on peut évaluer les contributions de :
 - Accumulation de capital (K)
 - Croissance démographique (L)
 - Changement technologique (A)
- Comme les données sur K, L et Y sont facilement disponibles, on peut calculer A, c'est-à-dire le progrès technique = résidu !

1^{er} intérêt du modèle de Solow : le « résidu » ou la mesure du progrès technique

taux de croissance du PIB

parts des salaires et des rentes dans le PIB

taux de croissance de la productivité multifactorielle = résidu de Solow

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L} + \frac{\dot{A}}{A}$$

taux de croissance du stock de capital

taux de croissance de la population

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L}$$

1^{er} intérêt du modèle de Solow : le « résidu » ou la mesure du progrès technique

A) France	1890- 1913	1913-1950	1950-1973	1973-1980	1980-2006
PIB	1,9	0,9	5,3	2,9	2,1
Productivité par emploi [a]	1,6	1,0	4,7	2,6	1,5
Productivité par heure [b]	1,9	1,8	5,2	3,4	2,2
Contributions à la croissance de la productivité horaire :					
Intensité capitaliste, par heure [c]	0,5	0,3	1,2	1,6	0,9
Productivité globale des facteurs [d]	1,4	1,5	4,0	1,8	1,3

B) Japon	1890- 1913	1913-1950	1950-1973	1973-1980	1980-2006
PIB	2,5	2,2	9,3	3,4	2,3
Productivité par emploi [a]	1,8	1,3	7,5	2,6	1,8
Productivity par heure [b]	2,1	1,8	7,4	3,2	2,4
Contributions à la croissance de la productivité horaire :					
Intensité capitaliste, par heure [c]	0,9	1,1	2,0	2,3	1,4
Productivité globale des facteurs [d]	1,2	0,7	5,4	0,9	1,0

Source : Gilbert Cette et alii, « la productivité en France, au Japon, aux Etats-Unis et au Royaume-Uni au cours du 20^{ème} siècle », Revue de l'OFCE, n°111, avril 2009

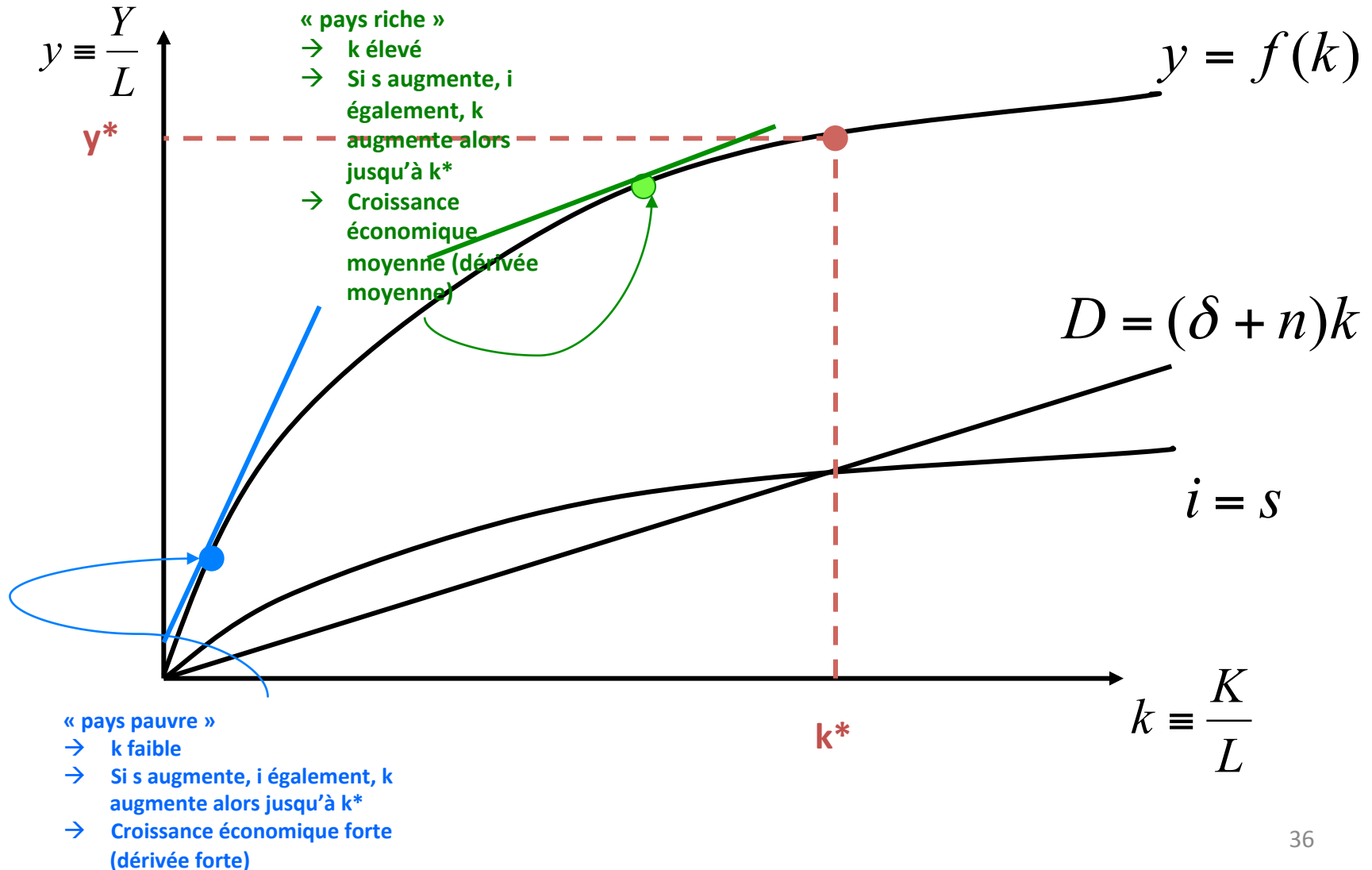
→ On peut mesurer et comparer l'effet de l'intensité capitaliste, soit le stock de capital par tête (= k dans le modèle de Solow) et du progrès technique (PGF) sur la croissance économique au Japon et en France entre 1890 et 2006. Au cours des Trente Glorieuses, on mesure combien la PGF a été un moteur essentiel dans les deux pays !

2^{ème} intérêt du modèle de Solow : comprendre l'évolution des inégalités économiques entre pays

Le modèle de Solow aide à comprendre la convergence ou la divergence des niveaux de vie entre les pays :

- Si dans un pays pauvre, le niveau d'épargne est inférieur est durablement inférieur à celui d'un pays riche, le stock de capital reste faible et les inégalités entre les deux pays demeurent.
- Si dans ce même pays pauvre, l'effort d'épargne par travailleur est le même et, si la croissance démographique est équivalente, les technologies se diffusent et les niveaux de vie doivent converger vers l'état stationnaire.

2^{ème} intérêt du modèle de Solow : comprendre l'évolution des inégalités économiques entre pays



3^{ème} intérêt du modèle de Solow : aide à comprendre des situations historiques

- La croissance ouest-allemande et japonaise après 1945 :
 - Ces deux pays ont une croissance très forte dans l'après-guerre
 - On peut l'expliquer par la progression du stock de capital par tête. La guerre a détruit une partie importante du stock de capital. L'aide américaine couplée aux efforts d'épargne internes aux deux pays ont permis de faire croître rapidement ce stock d'où a résulté une forte croissance économique.
 - Le PT a également largement contribué à la croissance économique (cf supra Gilbert Cette, 2009)
- L'essoufflement de la croissance soviétique à partir des années 1960 :
 - En 1994 (?), Krugman utilise le modèle de Solow pour expliquer cet essoufflement
 - Entre les années 1930 et 1950, croissance très rapide grâce à une augmentation du stock de capital. La limitation de la consommation de la population soviétique offre une capacité d'épargne importante qui permet de repousser l'état stationnaire
 - Mais à partir des années 1960, en raison des rendements décroissants du capital, le stock de capital augmente de plus en plus faiblement et avec lui le niveau de vie. L'arrêt de la croissance devient inéluctable. D'autant que le niveau de consommation n'est pas suffisant puisque la règle d'or n'a pas été respectée et que le progrès technique est trop rare en raison d'un manque de concurrence.

Les limites du modèle (critiques internes)

Les hypothèses :

- L'hypothèse de rendements factoriels décroissants est critiquable. La productivité marginale du capital ne diminue pas nécessairement avec l'augmentation de la quantité de capital (cf théories de la croissance endogène) ;
- $I = S$. Dans le modèle de Solow, l'épargne est un préalable à l'investissement (épargne ex ante). Dans une perspective keynésienne, il est possible de penser l'inverse : l'investissement élève le niveau de production, le niveau de revenu et in fine le niveau d'épargne. Chez Keynes, $I = S$ ex post et non pas ex ante comme le prévoit le modèle de Solow

Le caractère rudimentaire du modèle :

- Solow ne considère qu'il n'y a qu'un seul agent représentatif alors que les modèles de Harrod et Domar en considéraient au moins deux : les ménages et les entreprises. Il n'y a donc pas d'échange, pas de prix puisqu'un seul acteur ;
- Un seul bien de produit, consommé et utilisé comme input ;

Les limites du modèle (critiques externes)

- **La nature du progrès technique:**
 - Solow ne précise pas exactement les caractéristiques du progrès technique. Il est assimilé à "un résidu".
 - Ce "résidu" est une "manne tombée du ciel". Il est exogène, c'est-à-dire qu'il ne trouve pas son origine dans les structures économiques
 - Si le progrès technique est exogène, il n'y a aucune raison que son taux ne soit pas constant au cours du temps. Or, depuis les années 1970, il diminue (cf France, Japon)
- **La convergence** entre les pays n'est pas aussi nette que ne le suppose le modèle de croissance. Les inégalités augmentent entre certaines régions du monde (Europe et Afrique)