

2.1 Identification des modèles paramétriques continus :

Dans les méthodes d'identification classiques, on exploite des représentations non paramétriques du système, telles que la réponse indicielle, la réponse impulsionnelle ou le diagramme de Bode, afin d'identifier un modèle paramétrique du système.

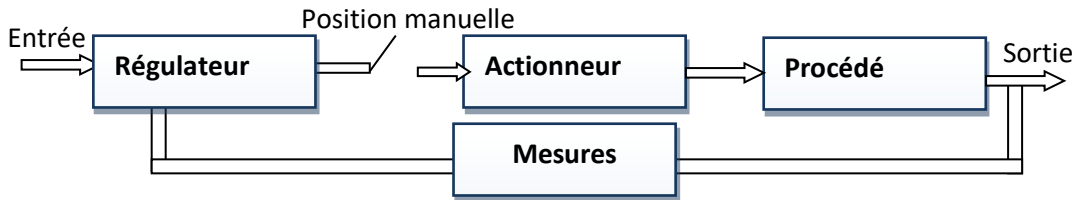


Figure 2.1: boucle de régulation en mode manuel

Étapes à suivre :

1. Donner une excitation au système (en utilisant un actionneur: mode manuel).
2. Enregistrer la réponse du système

2.2 Identification du système du premier ordre :

2.2.1 Cas d'une réponse impulsionnelle :

Pour identifier un système du premier ordre en utilisant le modèle non paramétrique (la réponse impulsionnelle illustrée dans la figure 1), on procède de la manière suivante :

- **Choix de la structure :** $\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{K}{1 + \tau S}$, $y(t) = \frac{K}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$
- **Estimation de paramètres K, τ** L'estimation des paramètres s'effectue ensuite en recourant à l'une des trois méthodes suivantes :

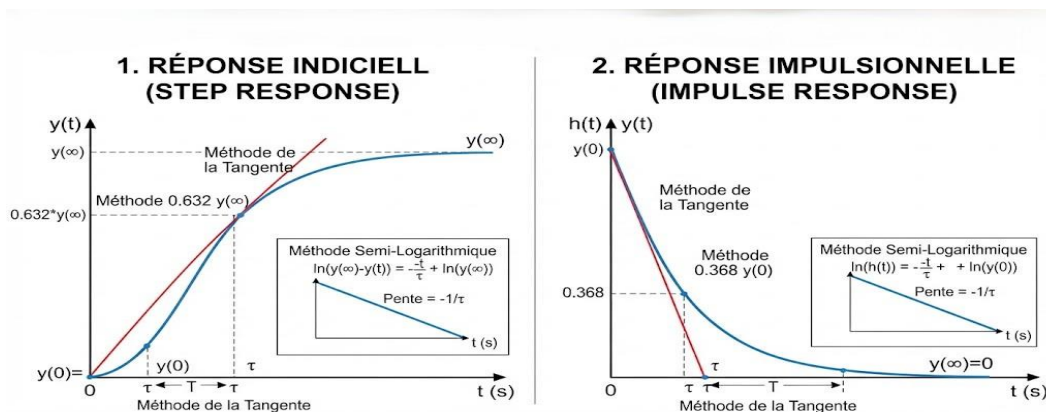


Figure 1 : réponse impulsionnelle et indicielles d'un système du premier ordre:

➤ **a. Méthode de la tangente :**

L'identification par la méthode de la tangente consiste à exploiter graphiquement la pente initiale de la réponse d'un système pour en extraire les paramètres caractéristiques. Voici comment l'appliquer selon le type de signal d'excitation :

1) Tracer la tangente au point $(0, y(\infty))$; le point d'intersection de cette droite avec l'axe x est τ (voir figure ci-dessus).

2) Pour $t=0$, $y(0) = \frac{K}{\tau}$, $K = \tau y(0)$.

b). Méthode des 36,8 %.

A $t = \tau$: $y(\tau) = 0,368 y(0)$

Il faut donc chercher sur la courbe le temps auquel la réponse vaut 36,8 % de sa valeur initiale (voir figure1).

Ainsi :

$$K = \tau y(0)$$

c). Méthode semi-logarithmique

À partir de $y(t)$:

$$Z(t) = \ln(y(t)) = \ln(y(0)) - t/\tau \text{ (voir figure 1)}$$

Le tracé de $\ln(y(t))$ en fonction de t donne une droite de pente $m = -1/\tau$.

Donc : $\tau = -1/m$

Cas d'une réponse indicielle :

Choix de la structure :

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{K}{1 + \tau S}, y(t) = KA \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

➤ Estimation de paramètres

a. Méthode la tangente :

1) Tracer la tangente à l'origine ; en projetant le point d'intersection de cette droite avec l'axe $y = y(\infty)$ on trouve la constante de temps τ (voir figure 1).

2) $KA = y(\infty)$

b) Méthode des 63,2 %

À $t = \tau$: $y(\tau) = 0,632 y(\infty)$

Procédure : déterminer $y(\infty)$, calculer $0,632 y(\infty)$, puis lire sur la courbe le temps correspondant. Ce temps est τ et

$$KA = y(\infty)$$

c) Méthode semi-logarithmique

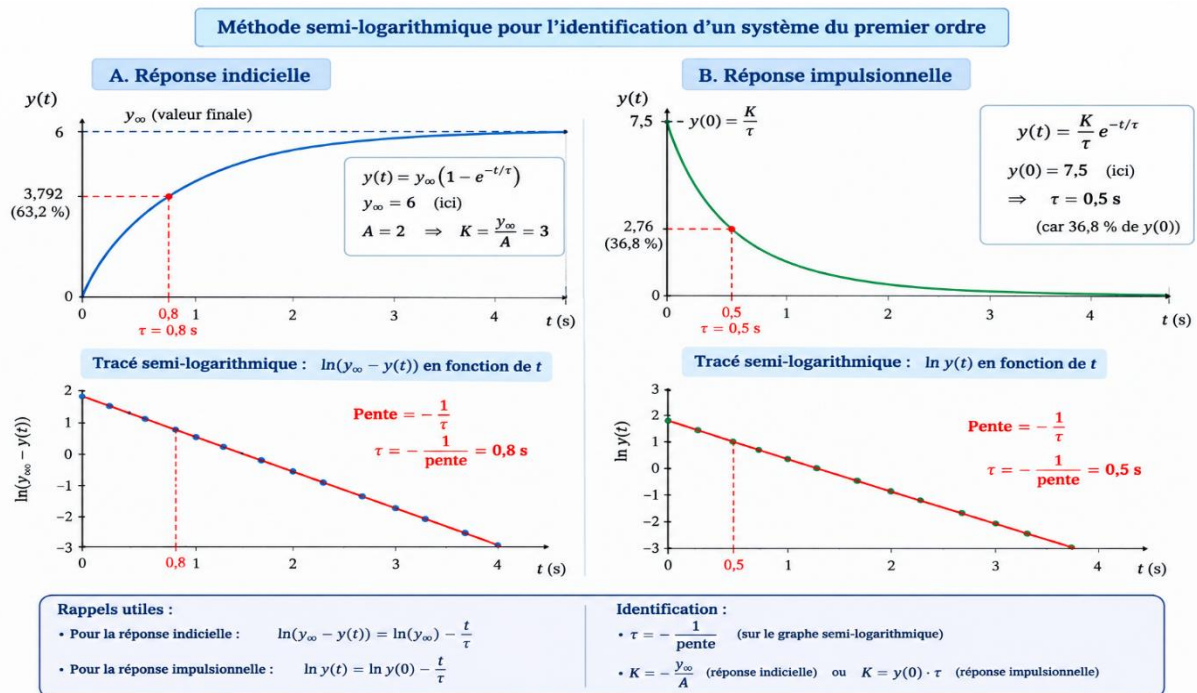
On définit l'écart à la valeur finale : $e(t) = y(\infty) - y(t)$.

Après prise du logarithme : $Z(t) = \ln(e(t)) = \ln(y_\infty) - t/\tau$

En traçant $Z(t)$ en fonction de t , on obtient une droite de pente $m = -1/\tau$. Donc : $\tau = -1/m$

.Puis : $K = y_\infty / A$

Exemple :



Remarque : identification à partir de la réponse impulsionnelle est tout à fait réalisable et constitue une approche fondamentale en automatique et en traitement du signal.

Principe théorique : Pour un système linéaire et invariant (SLI), la connaissance de sa réponse impulsionnelle (notée $h(t)$ en continu) caractérise entièrement son comportement. En théorie, si l'on. Cependant, en pratique, cette méthode directe est rarement utilisée telle quelle sur des systèmes industriels ou physiques pour plusieurs raisons : Un Dirac théorique nécessite une amplitude infinie sur un temps nul, ce qui est physiquement impossible.

Pour contourner ces problèmes, on utilise généralement des méthodes dérivées ou d'autres types d'excitation : Par exemple, la réponse indicielle (réponse à un échelon) : Plus facile à réaliser expérimentalement (par exemple, appliquer un saut de tension ou de consigne). Des méthodes graphiques (comme celles de Strejc ou Broïda) permettent d'extraire les paramètres du modèle.

2.3 Identification du système du deuxième ordre à partir de la réponse indicielle

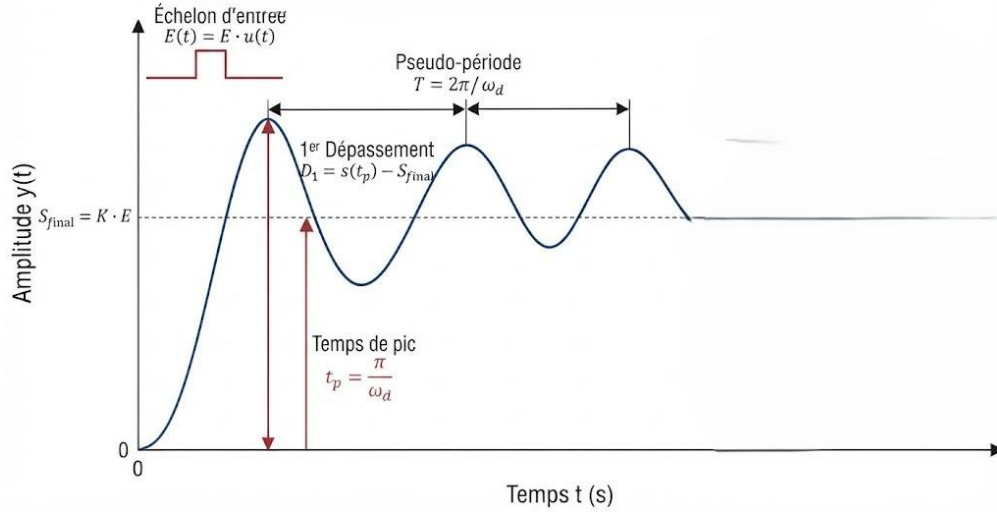


Figure2 : Réponse d'un système du deuxième ordre.

➤ Choix de la structure :

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{K w_0^2}{w_0^2 + 2\zeta w_0 S + S^2}$$

➤ Estimation de paramètres :

1) Mesurer dépassement $D(\%) = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty} - y(0)}$ et la pseudo-période T (le temps entre deux pics successifs) :

$$T = t_{D2} - t_{D1}$$

2) Déterminer :

$$\zeta = \frac{\ln(1/D)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(1/D)}} \quad w_0 = \frac{2\pi}{T\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$K = \frac{y(\infty)}{A}$$

2.3 Identification du système d'ordre N stables

Cette section est dédiée à la représentation des méthodes d'identification pour les systèmes dont la réponse indicielle a une forme de S (elle ne présente pas de dépassement, voir figure ci-dessous).

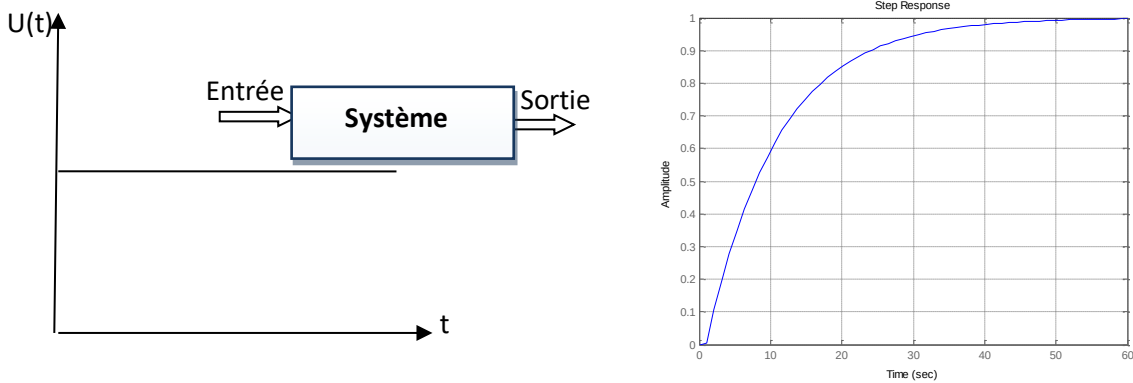


Figure 2.3: réponse indicielle du système en courbe en S

2.3.1 Méthode de Strejc

- Choix de la structure :

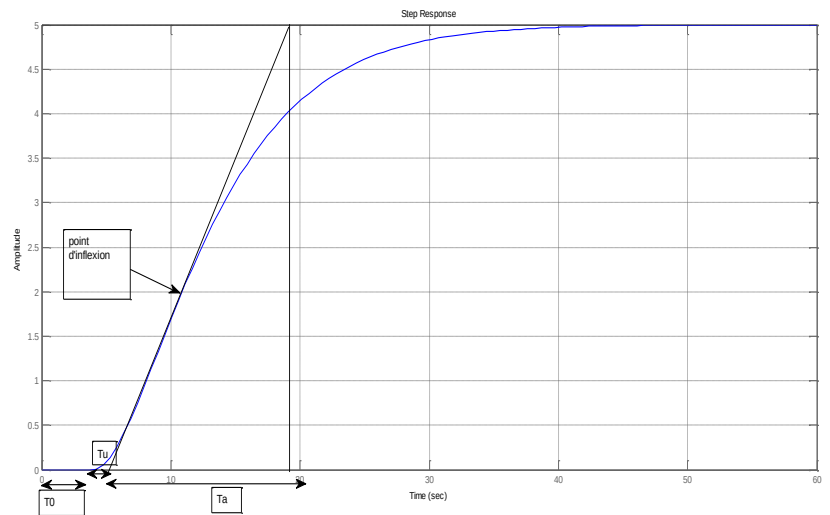
$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{Ke^{-\tau_r S}}{(1 + \tau S)^n}$$

Les paramètres à identifier sont :

- K est le gain statique
- τ_s est le retard
- τ est la constante de temps
- n est l'ordre du système.

- Estimation de paramètres:

- Le gain statique est mesuré à partir de la valeur finale de la sortie.


 Figure 2.4: Réponse indicielle d'un système d'ordre N Méthode de Strejc

$K = \frac{y(\infty)}{A}$ où A est l'amplitude de l'échelon d'entrée.

-On détermine trois temps: τ_0 , T_u et T_a , en traçant la tangente au point d'inflexion comme montre la figure ci-dessous:

-On calcule $\frac{T_u}{T_a}$; Deux cas peuvent se présenter :

Cas 1 : si $\frac{T_u}{T_a}$ est dans le tableau : En déduire l'ordre n et τ en utilisant directement le tableau et $\tau_r = \tau_0$

n	1	2	3	4	5	6	7
T_u/T_a	0	0.104	0.218	0.319	0.41	0.493	0.57
T_a/T	1	2.718	3.695	4.463	5.119	5.699	6.23

Tableau 2.1 : Tableau de Strejc

Cas 2: si $\frac{T_u}{T_a}$ n'existe pas dans le tableau : On prend juste la valeur à la valeur réelle du tableau en

déduire l'ordre n et τ en utilisant directement le tableau.

Pour déterminer τ_r , on calcule :

$$(T_u)_{effect} = T_a \left(\frac{T_u}{T_a} \right)_{tableau}$$

Soit $\Delta T_u = (T_u)_{réelle} - (T_u)_{effect}$ et finalement :

$$\tau_r = \Delta T_u + \tau_0$$

2.3.2 Méthode de Broïda:

$n = 1$

➤ Choix de la structure :

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{Ke^{-\tau_r S}}{(1 + \tau S)}$$

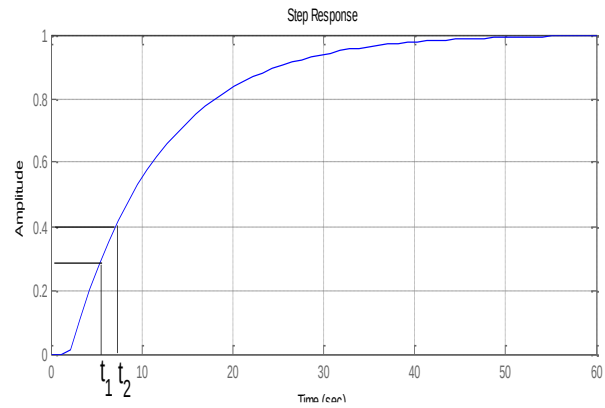


Figure 2.5: Réponse indicielle d'un système d'ordre N Méthode de Broïda

Les paramètres à identifier sont :

K est le gain statique, τ_s est le retard et τ est la constante du temps

➤ Estimation de paramètres:

- Le gain statique est mesuré à partir de la valeur finale de la sortie.

$$K = \frac{y(\infty)}{A}$$

-On détermine deux temps: T_1 et T_2 , correspondant aux valeurs $0,28y(\infty)$ et $0,4y(\infty)$ respectivement (voir figure 2.6).

Par la suite, on calcule:

$$\tau = 5,5(T_2 - T_1) \text{ et } \tau_r = 2,8T_1 - 1,8T_2$$

2.4 Identification des systèmes instables apériodiques à partir de la réponse indicielle

2.4.1 Système intégrateur pur:

La figure ci-contre montre une réponse indicielle d'un système instable.

➤ Choix de la structure :

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{1}{\tau S}, y(t) = \frac{A}{\tau} t$$

➤ Estimation de paramètres : τ

1) Tracer l'asymptote D_1 de la courbe

2) On note α la pente de D_1 ;

$$\alpha = \frac{A}{\tau}, \tau = \frac{A}{\alpha}$$

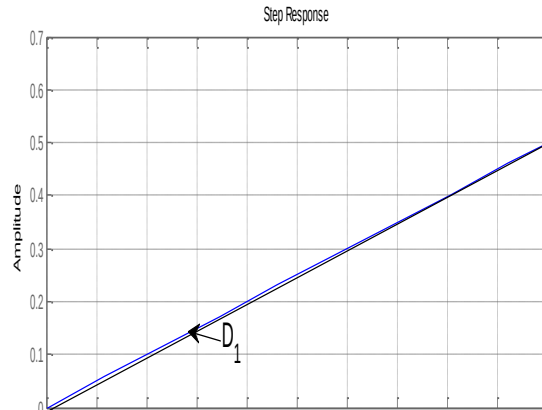


Figure 2.6: Réponse indicielle d'un système d'ordre N . Méthode de Broïda.

2.4.2 Système intégrateur avec retard

La figure ci-contre montre la réponse indicielle d'un système instable.

➤ Choix de la structure:

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{e^{-\tau_r S}}{\tau S}, y(t) = \frac{A}{\tau} (t - \tau_r)$$

➤ Estimation de paramètres: τ

1) Tracer l'asymptote D_1 de la courbe

2) On note α la pente de D_1 ;

$$\alpha = \frac{A}{\tau}, \tau = \frac{A}{\alpha}$$

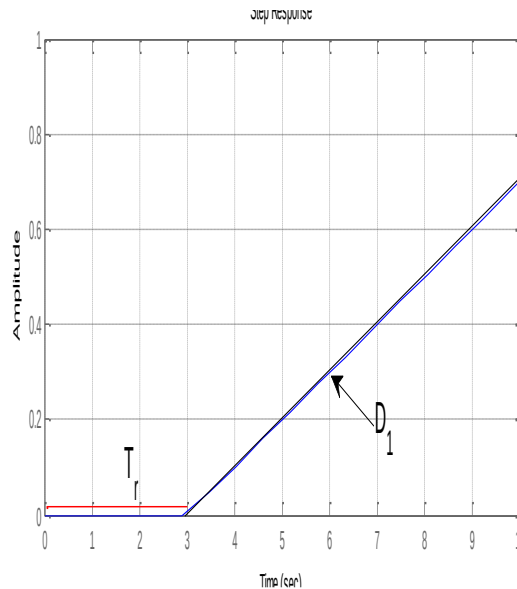


Figure 2.7: Réponse indicielle d'un système d'ordre N . Méthode de Broïda.

2.4.3 Système intégrateur d'ordre N ; Méthode de Strejc-Davoust:

➤ Choix de la structure:

$$\frac{Y(S)}{E(S)} = \frac{K e^{-\tau_r S}}{S(1 + \tau S)^n}$$

Les paramètres à identifier sont : (voir figure

- le gain statique K , le retard τ_r , la constante de temps τ et l'ordre du système n .

➤ Estimation de paramètres:

- Tracer l'asymptote D_1 de la courbe (v, sa parallèle D_2 . On désigne par A et A' , l'intersection de ces deux droites avec l'axe de temps, respectivement (voir figure 2.9).

- On définit, deux points B et C comme l'intersection de la normale en A à $A'A$, avec la courbe et D_2 , respectivement.

En calculant le rapport AB/AC qui permet de déterminer « n » à partir du tableau ci-dessous n d'après. Le tableau ci-dessous.

n	1	2	3	4	5	6	7
AB/AC	0.368	0.271	0.224	0.195	0.175	0.161	0.149

Tableau 2.2 : Tableau de Strejc-Davoust

Cas 1 : si AB/AC est figure dans le tableau : on utilise directement le tableau pour déduire l'ordre n, $\tau_r = 0$ et $n\tau = AA'$.

Cas 2: si AB/AC est ne figure pas dans le tableau: on détermine le nouveau rapport AB/AC correspond à la partie entière de 'n' qui implique le déplacement de D_2 parallèlement à D_1 (vers D_1 , voir figure 2.10). Le temps mort τ_r correspond à la translation effectuée par D_2 . On calcule à partir de n la valeur τ de comme suit :

$$n\tau = AA' - \tau_r$$

Dans les deux cas: $K = AC/AA'$.

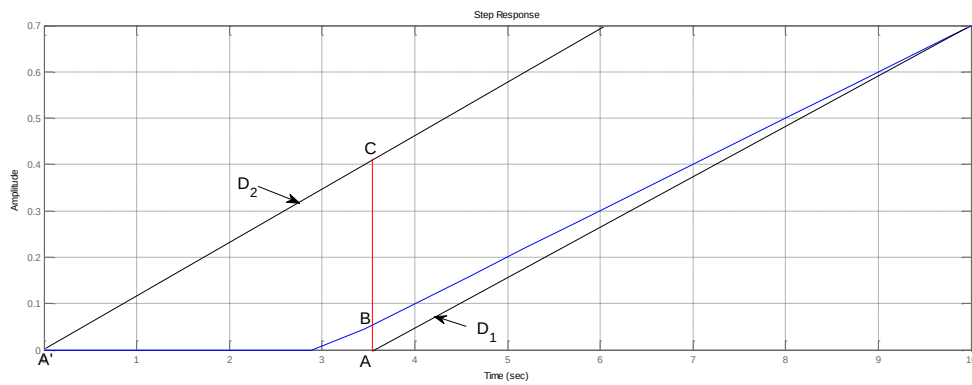


Figure 2.8: Réponse indicielle d'un système d'ordre N_Méthode de Strejc_Davoust ($\tau_r = 0$)

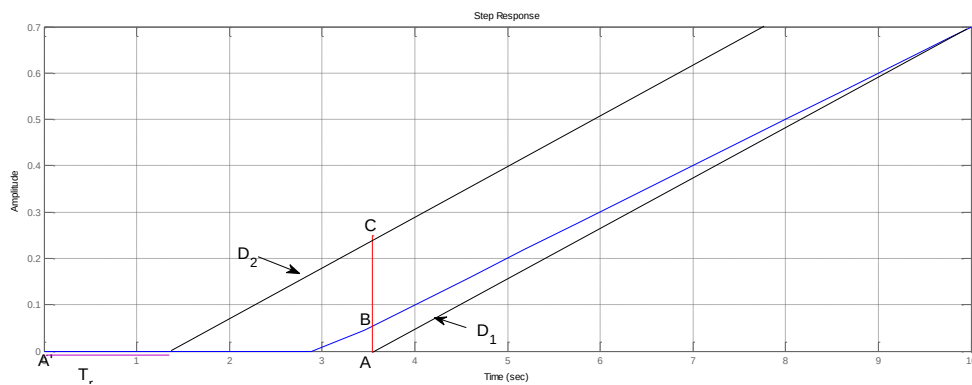


Figure 2.9: Réponse indicielle d'un système d'ordre N_Méthode de Strejc_Davoust ($\tau_r \neq 0$)