

```
% Système du 1er ordre en BF :
% Cas d'un correcteur proportionnel
% % % Cas d'un correcteur PI

% Initialisation

% Pour éviter d'avoir des caractères qui sont mangés
% Définition de la taille des graphiques dans le fichier Live : 'defaultFigurePosition',[0
set(0,'defaultAxesFontName','Helvetica','defaultAxesFontSize',16,...
'defaultAxesFontWeight','bold','defaultFigurePosition',[0 0 900 500]);
```

Définition du système (gain statique unitaire : ça n'a pas de réalité physique !!!) Boucle ouverte : k=1

```
clc;
close all;
clear all;
s=tf('s');
T=2; % constante du système déterminée par 63% * amplitude
k=1;
sys=k/(T*s+1) % Définition du système
```

```
sys =
1
-----
2 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

```
Te=T/20; % période d'échantillonnage
tfinal=5*T;

xi=.7; % coefficient d'amortissement % 1/sqrt(2)
omega0=1/T; % pulsation propre = 1/T
```

Réponse indicielle du système en BO

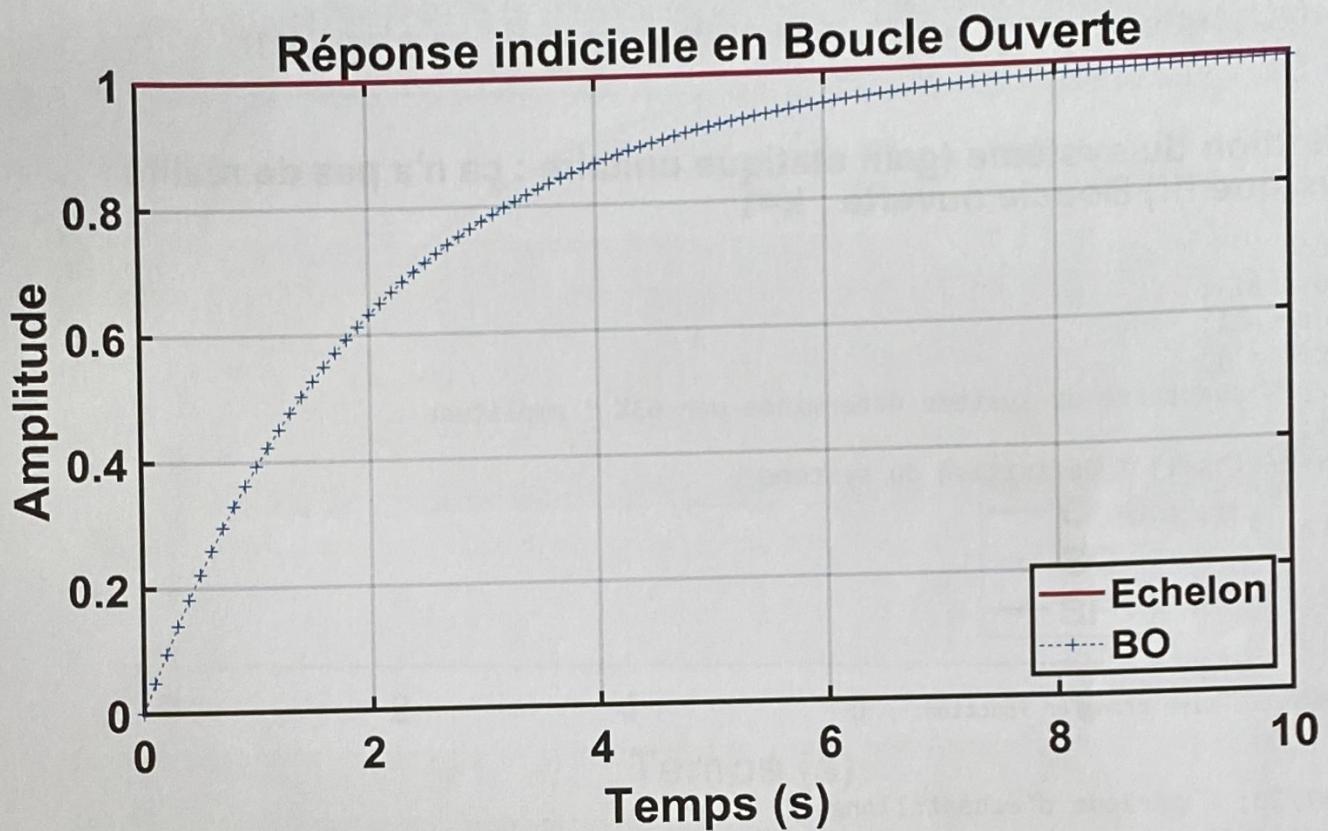
```
% Une réponse indicielle signifie que tu stimules ton système avec un
% échelon d'amplitude 1 et que tu simules le comportement de ton système
% par rapport à cet échelon.

tech=(0:Te:tfinal)'; % pas auquel les points vont apparaître sur le graphique.
[yech]=step(1,1,tech); % step crée un échelon d'amplitude 1.
[ybo,tbo]=step(sys,tech);
plot(tech,yech,'LineStyle','-', 'Color', '#E0115F', 'LineWidth',2);% red et 'LineStyle','none'
grid,hold on
plot(tbo,ybo, 'MarkerSize',6, 'Marker', '+', 'MarkerFaceColor', '#0038A8', 'LineStyle', '--', 'Color'
% plot(tech,yech,tbo,ybo)
grid on
xlabel('Temps (s)')
```

```

ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Ouverte'])
legend('Echelon','BO','location','SouthEast')
ax=gca; % rendre plus joli votre graphe
ax.FontSize=20;
ax.LineWidth=2;
% set(gcf,'Position',[0 0 1000 500]);
hold off

```



Etude du système en boucle fermée

Définition d'un correcteur proportionnel

```

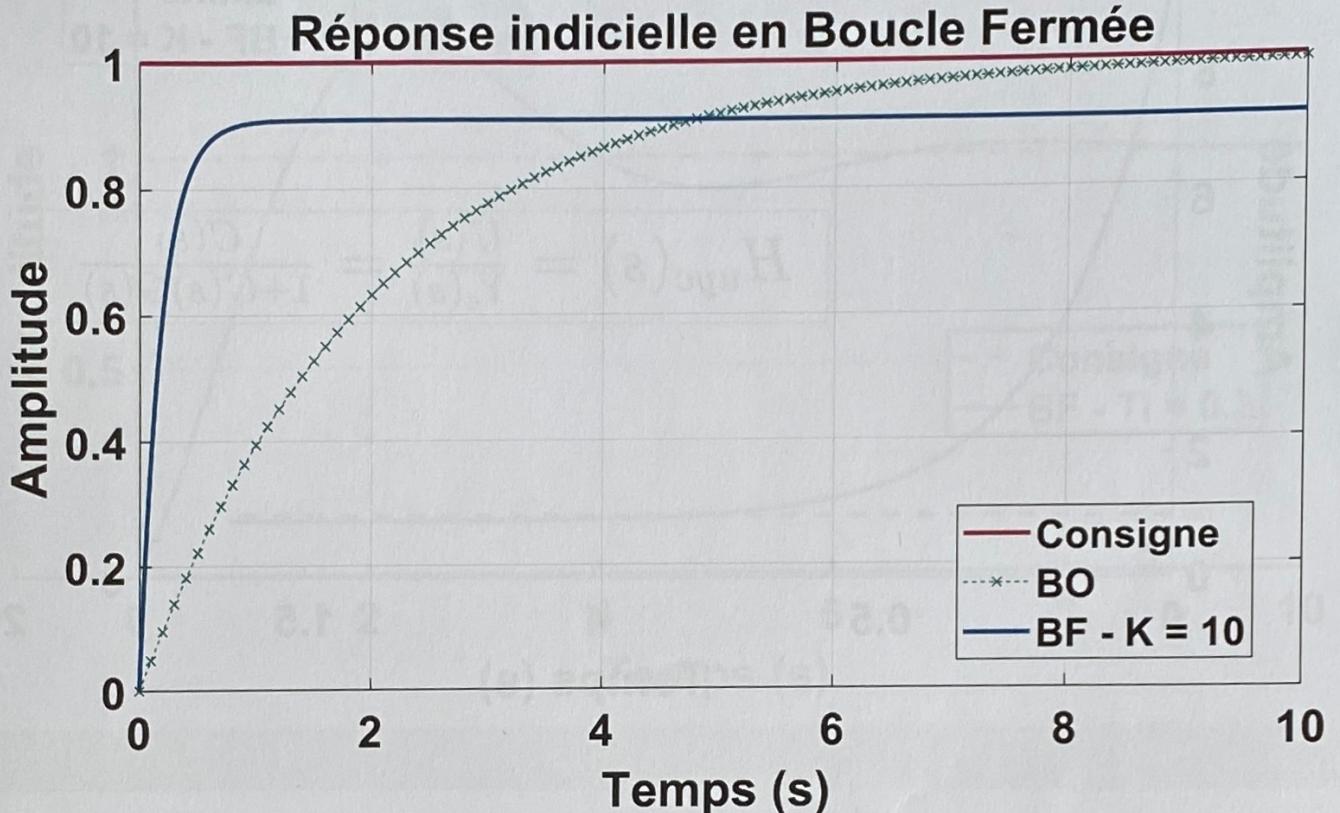
% Cas d'un proportionnel
K=10; % gain du correcteur
cor = K;
sysbf=feedback(cor*sys,1); % résultat FT
% 2ème solution : sysbf=cor*sys/(1+cor*sys)
[ybf,tbf]=step(sysbf,tfinal);
plot(tech,yech,'LineStyle','-', 'Color', '#E0115F', 'LineWidth',2);% red et 'LineStyle', 'none'
grid,hold on
plot(tbo,ybo,'LineStyle','--', 'Marker','x', 'MarkerSize',6, 'Color', '#00693E');% vert #177245#
plot(tbf,ybf,'MarkerFaceColor', '#0038A8', 'LineStyle', '-', 'Color', '#0038A8', 'LineWidth',2);
% plot(tbf,ybf)
xlabel('Temps (s)')

```

```

ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Fermée'])
legend({'Consigne', 'BO', ['BF - K = ' num2str(K)]}, 'Location', 'best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;
hold off

```



```

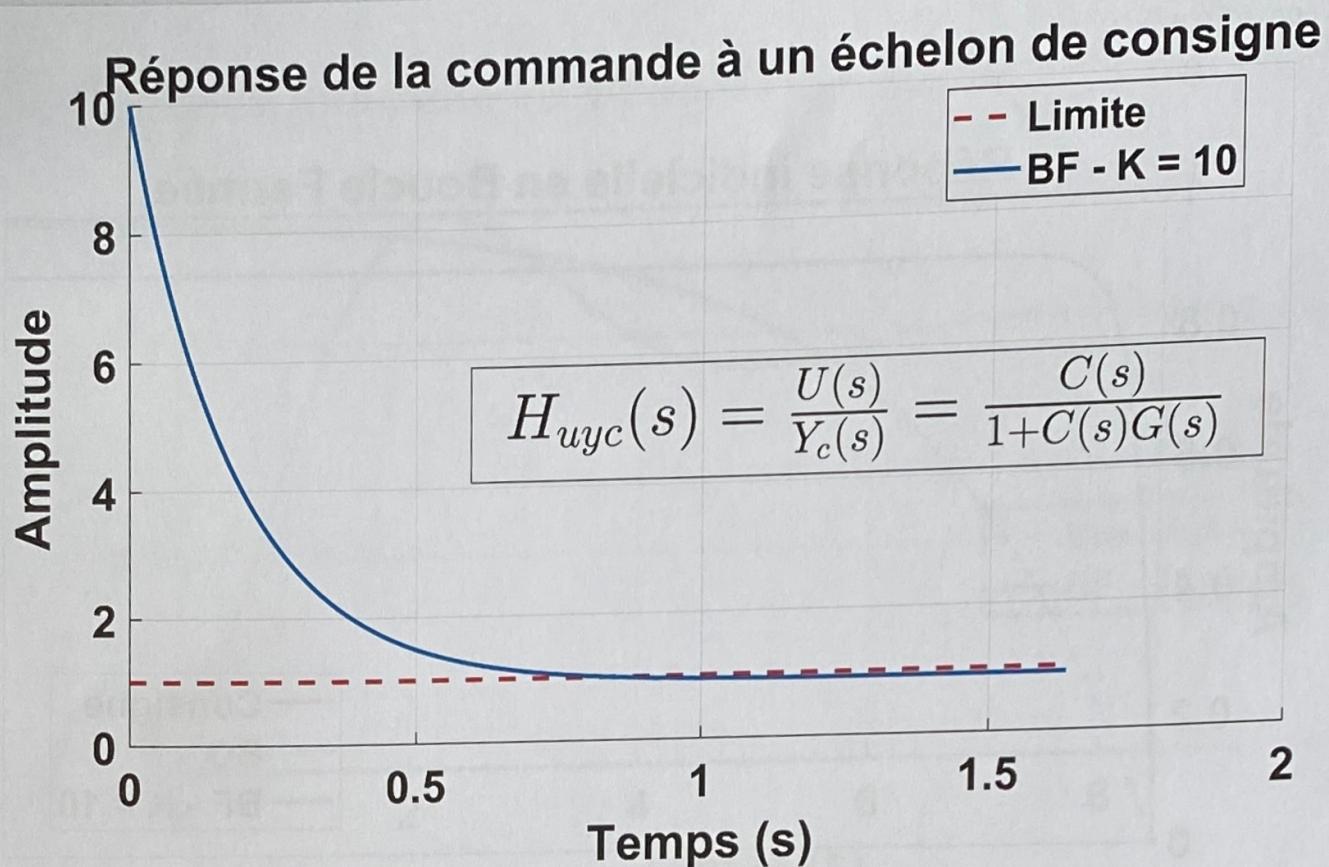
% Commande : réponse à un échelon de consigne
% FT entre u/yc =cor/(1+cor*sys)
% feedback c'est pour simuler l'application du correcteur sur le système :
% H_uyc (visible sur le graphe créé)
Hu_yref=feedback(cor,sys); % résultat FT
[u,tbf_u]=step(Hu_yref);
figure,
line(tbf_u([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf_u,u,'LineWidth',2)
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
% title(['$H_{uyc}(s)=\frac{U(s)}{Y_c(s)}$'], 'FontSize', 28, 'Interpreter', "latex");
% pas de texte accentué avec des formules : l'un ou l'autre
title(['Réponse de la commande à un échelon de consigne']);
str=['$H_{uyc}(s)=\frac{U(s)}{Y_c(s)}=\frac{C(s)}{1+C(s)G(s)}$'];
dim = [0.5 0.4 0.25 0.2];
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on','FontSize',28,'HorizontalAlignment','center');
legend({'Limite', ['BF - K = ' num2str(K)]}, 'Location', 'best')

```

```

ax=gca;
ax.FontSize=20;
hold off

```



Définition d'un PI mixte comme une FT : K et Ti sont les paramètres du correcteur

```

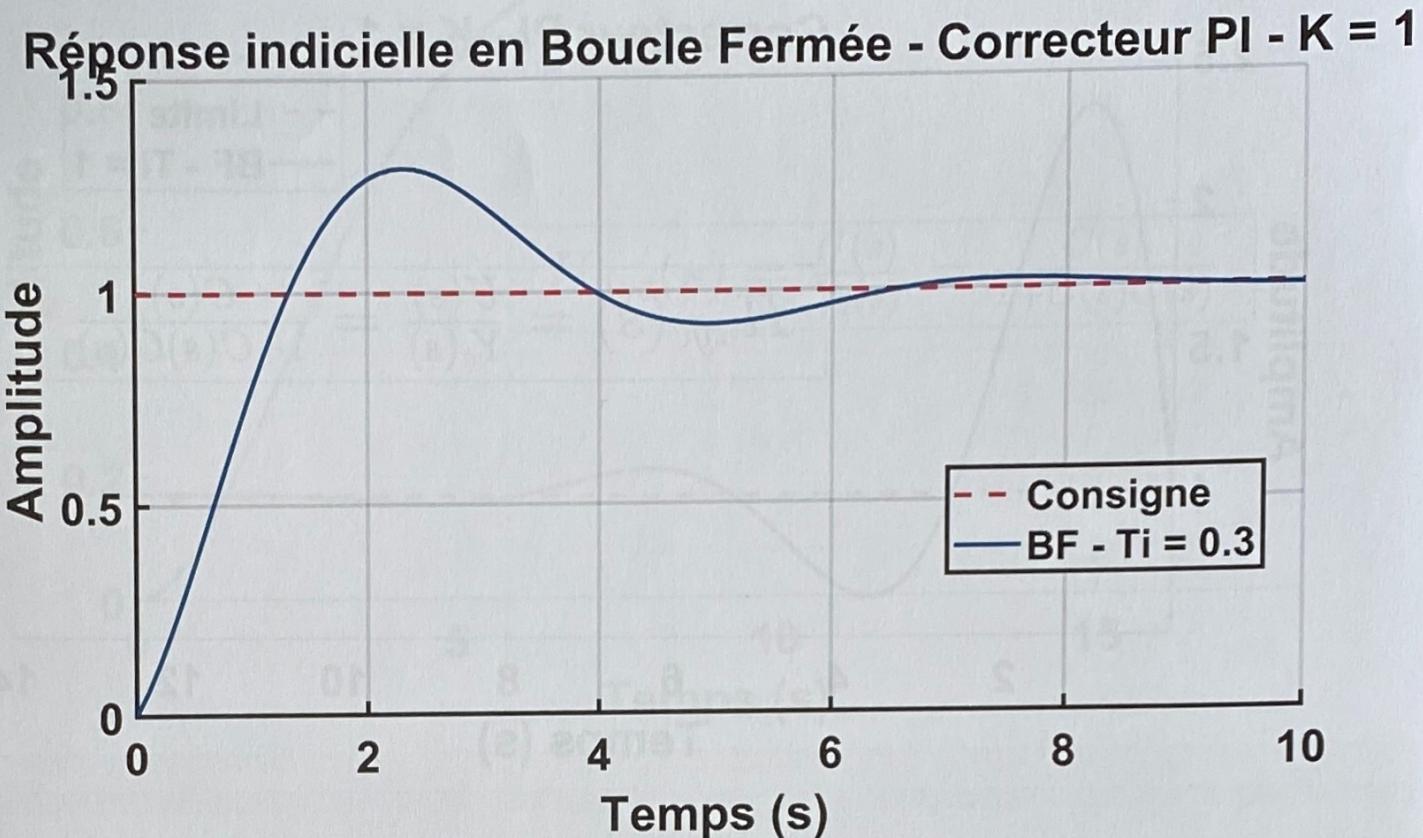
K=1;
% se mettre sur la ligne et faire un clic droit
% 2+1 ... augmenter le gain avec "Increment Value and Run section"
Ti=.3; % .3;3;30
cor = K*(1+1/(Ti*s)); % parceque le terme s est une transformée de fourier, tu dois changer
% Cas d'un PI
sysbf=feedback(cor*sys,1); % résultat FT
[ybf,tbf]=step(sysbf,tfinal);
figure;
line(tbf([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf,ybf,'MarkerFaceColor','#0038A8','LineStyle','-','Color','#0038A8','LineWidth',2); %
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Fermée - Correcteur PI - K = ' num2str(K)])
legend({'Consigne', ['BF - Ti = ' num2str(Ti)]}, 'Location', 'best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;

```

```

ax.LineWidth=2;
box off
hold off

```



Commande : réponse à un échelon de consigne

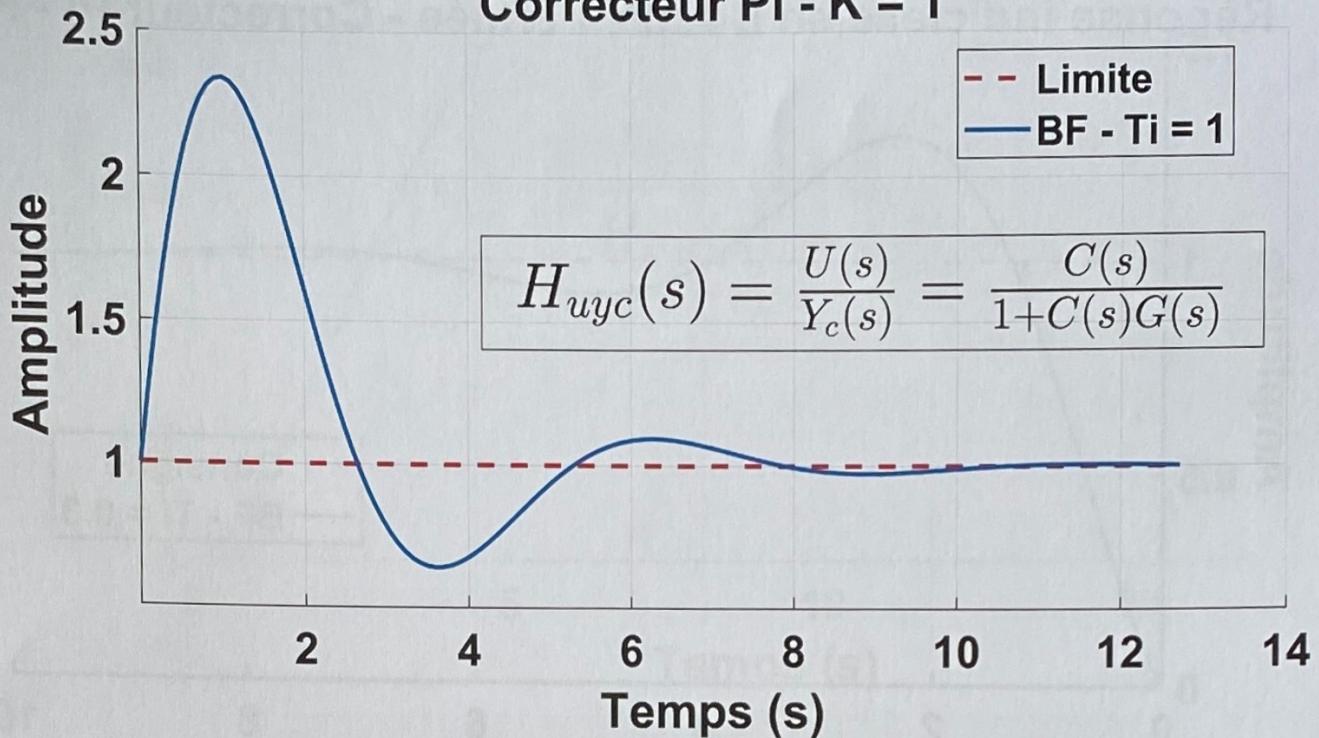
FT entre $u/yc = \text{cor}/(1+\text{cor}^*\text{sys})$

```

Hu_yref=feedback(cor,sys); % résultat FT
[tbf_u]=step(Hu_yref);
figure,
line(tbf_u([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf_u,u,'LineWidth',2)
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
% title(['$H_{yc}(s)=\frac{U(s)}{Y_c(s)}$'], 'FontSize',28, 'Interpreter',"latex");
% pas de texte accentué avec des formules : l'un ou l'autre
title({'Réponse de la commande à un échelon de consigne'},['Correcteur PI - K = ' num2str(K)]);
str=['$H_{yc}(s)=\frac{U(s)}{Y_c(s)}=\frac{C(s)}{1+C(s)G(s)}$'];
dim = [0.5 0.4 0.25 0.2];
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on','FontSize',28,'HorizontalAlignment','center');
legend({'Limite','BF -  $T_i = ' num2str(K)]}, 'Location','best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;$ 
```

hold off

Réponse de la commande à un échelon de consigne Correcteur PI - $K = 1$



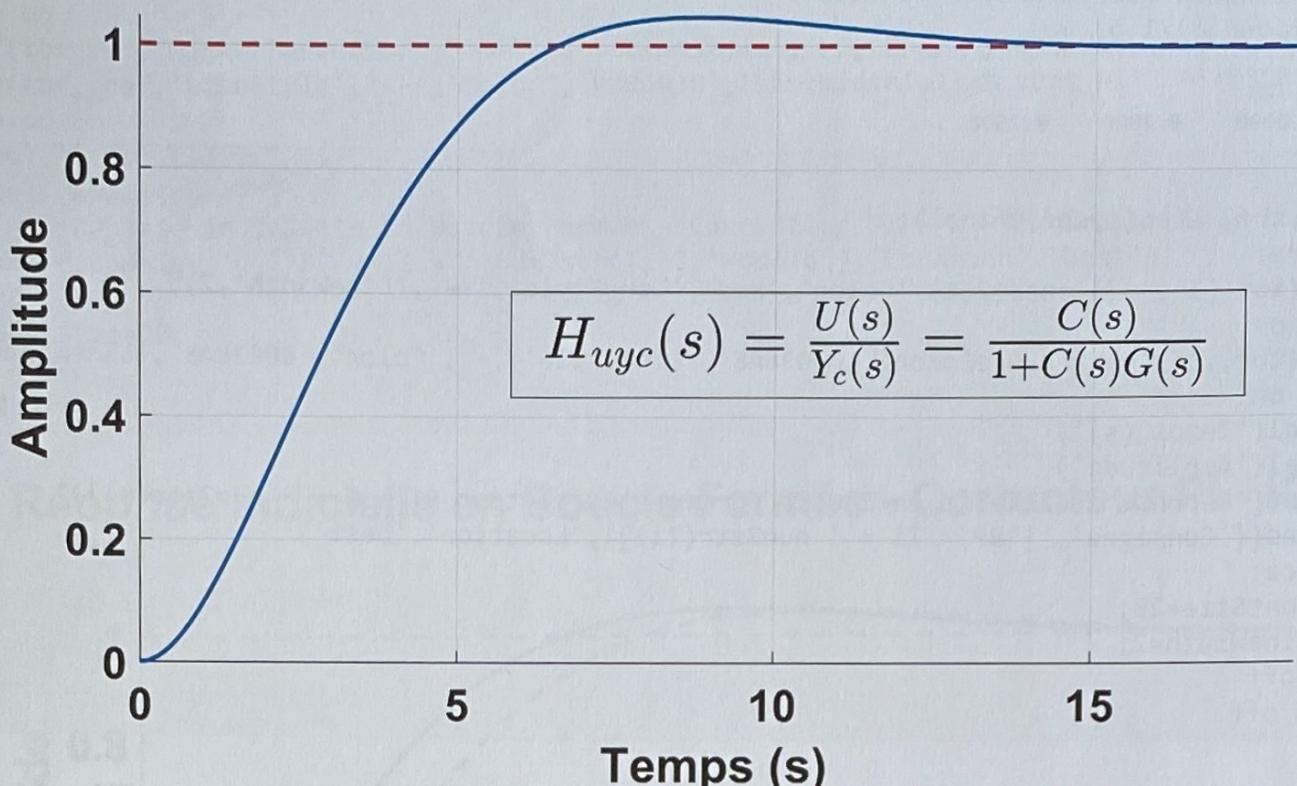
```
% Réponse indicielle du second ordre choisi :  
%tfinal=10;  
[num,den]=ord2(omega0,xi);  
Mdl=tf(num*den(end),den)
```

Mdl =

```
0.25  
-----  
s^2 + 0.7 s + 0.25
```

Continuous-time transfer function.

```
[ym,tm]=step(Mdl);  
figure,  
line(tm([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);  
hold on  
plot(tm,ym,'LineWidth',2)  
grid on  
xlabel('Temps (s)')  
ylabel('Amplitude')  
dim = [0.5 0.4 0.25 0.2];  
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on','FontSize',26,'HorizontalAlignment'  
ax=gca;  
ax.FontSize=20;  
axis tight
```



Définition du PI comme une FT

```
tfinal=15;
K=2*xi*omega0*T-1;
disp('Condition pour que K et Ti soient positifs')
```

Condition pour que K et Ti soient positifs

```
% Condition pour que K et Ti soient positifs
Condition=(xi*omega0>1/(2*T))
```

```
Condition = Logical
1
```

```
Ti=K/(omega0^2*T);
% Ti=0.1;
cor = K*(1+1/(Ti*s));
sysbf=feedback(cor*sys,1) % résultat FT
```

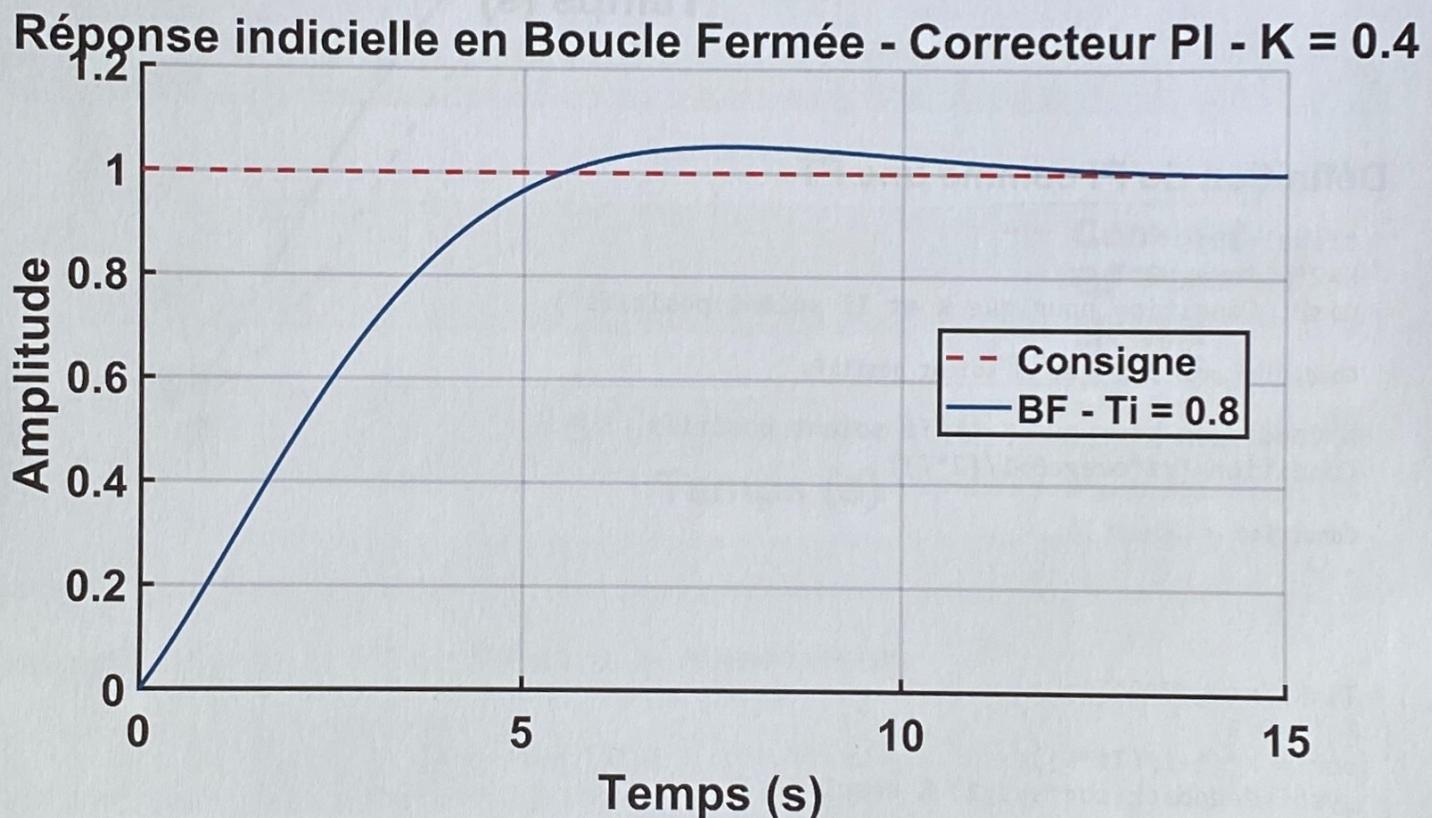
```
sysbf =
0.32 s + 0.4
-----
1.6 s^2 + 1.12 s + 0.4
```

Continuous-time transfer function.

```
% Continuous-time transfer function.
sysbf.den{ : } / 1.6
```

```
ans = 1x3
1.0000    0.7000    0.2500
```

```
[ybf,tbf]=step(sysbf,tfinal);
figure;
line(tbf([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf,ybf,'MarkerFaceColor','#0038A8','LineStyle','-','Color','#0038A8','LineWidth',2); %
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Fermée - Correcteur PI - K = ' num2str(K)])
legend({'Consigne', ['BF - Ti = ' num2str(Ti)]}, 'Location', 'best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;
ax.LineWidth=2;
box off
hold off
```

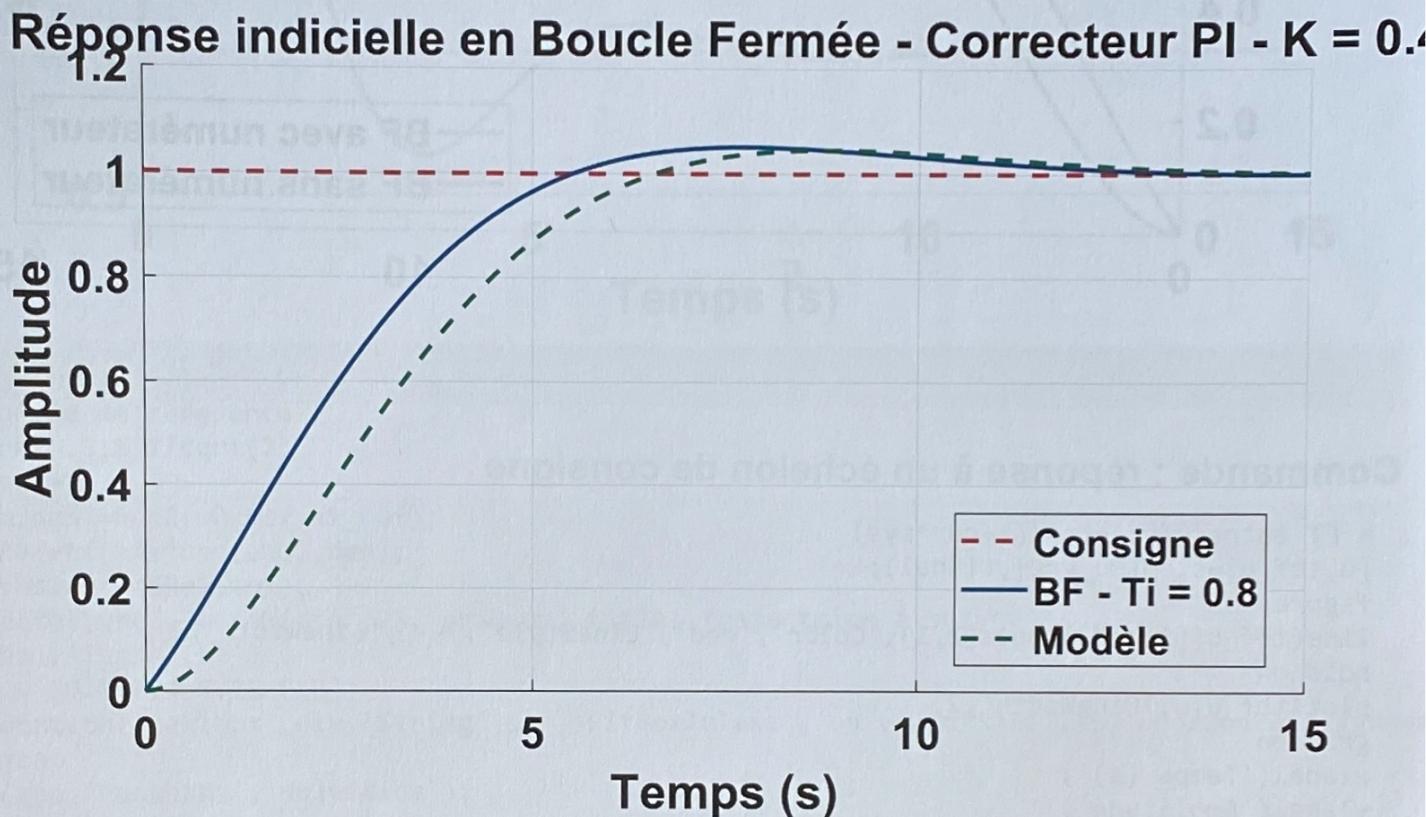


```
% Comparaison avec le modèle :
[num,den]=ord2(omega0,xi);
Mdl=tf(num*den(end),den);
yref=step(Mdl,tfinal);
```

```

figure;
line(tbf([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf,ybf,'MarkerFaceColor','#0038A8','LineStyle','-','Color','#0038A8','LineWidth',2);
plot(tbf,yref,'LineStyle','--','Color','#00693E','LineWidth',2);% vert #177245#03C03C
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Fermée - Correcteur PI - K = ' num2str(K)])
legend({'Consigne', ['BF - Ti = ' num2str(Ti)],'Modèle'},'Location','best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;
box off
hold off

```



Second ordre de la FT en BF sans le numérateur

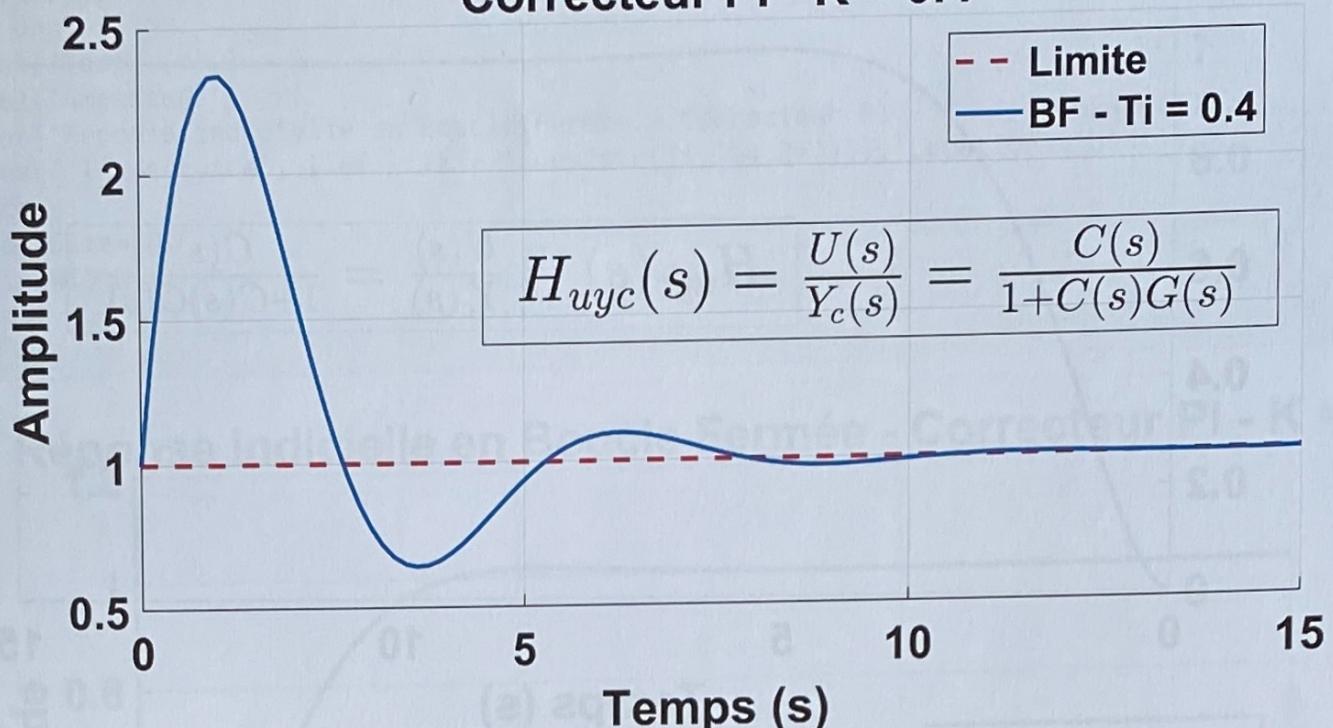
```

% Comparaison des 2 réponses
ybf2=step(sysbf.den{1}(3),sysbf.den,tbf); % gain unitaire
plot(tbf,[ybf ybf2],'LineWidth',2),grid
legend('BF avec numérateur','BF sans numérateur','location','SouthEast')
ax=gca;
ax.FontSize=20;

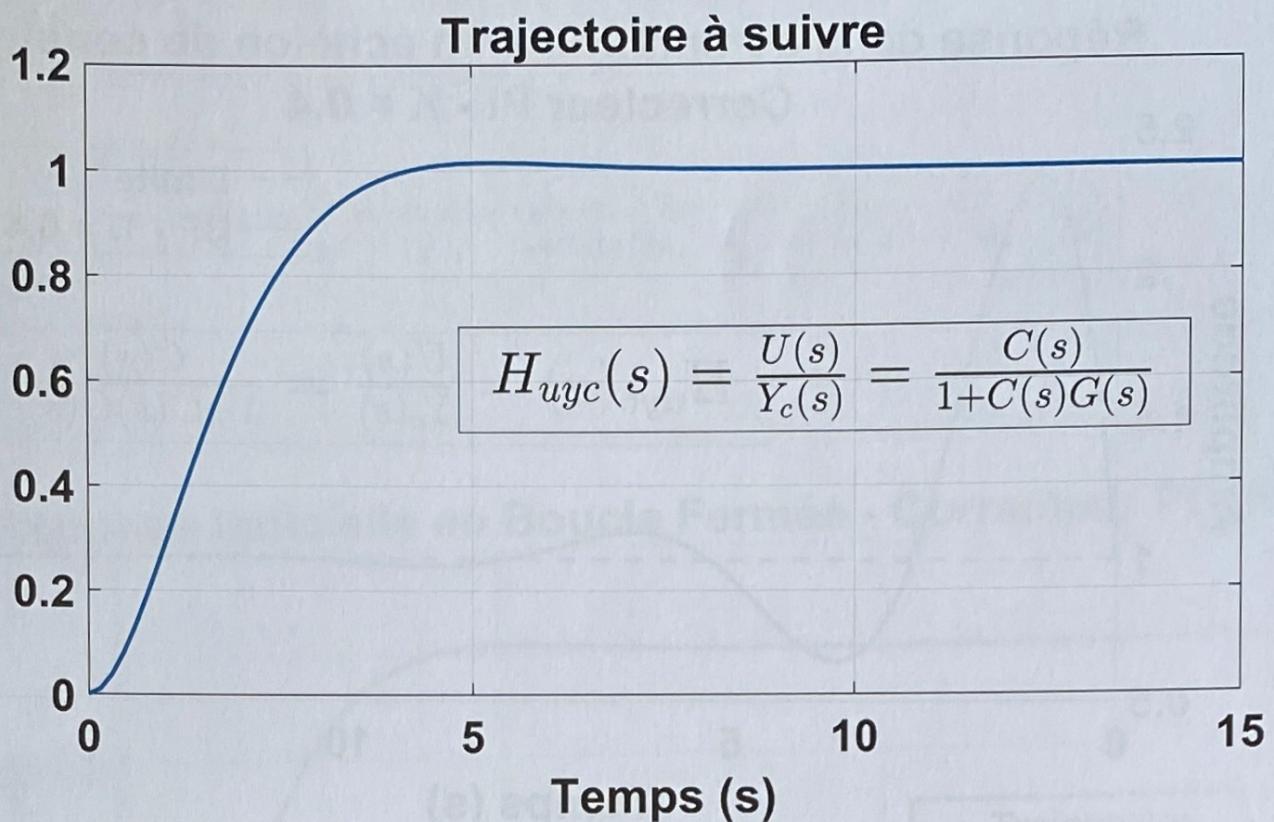
```

Réponse de la commande à un échelon de consigne

Correcteur PI - K = 0.4



```
% modèle de référence
xi_ref=.8;% 1/sqrt(2)
w0_ref=1;
[num,den]=ord2(w0_ref,xi_ref);
ModRef=tf(num*den(end),den);
yref=step(ModRef,tbf);
plot(tbf,yref,'LineWidth',2), grid on, title('Trajectoire à suivre')
xlabel('Temps (s)')
dim = [0.5 0.4 0.25 0.2];
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on','FontSize',26,'HorizontalAlignment','center');
ax=gca;
set(gca,'FontName','Helvetica');
ax.FontSize=20;
```



Mise à jour du calcul des paramètres du correcteur

```

tfinal=10;
% Modèle dénominateur BF : dynamique de rejet de perturbations
xi=.8;% 1/sqrt(2)
omega0=5;
K=2*xi*omega0*T-1;
disp('Condition pour que K et Ti soient positifs')

```

Condition pour que K et Ti soient positifs

```

% Condition pour que K et Ti soient positifs
Condition=(xi*omega0>1/(2*T))

```

```

Condition = logical
1

```

```

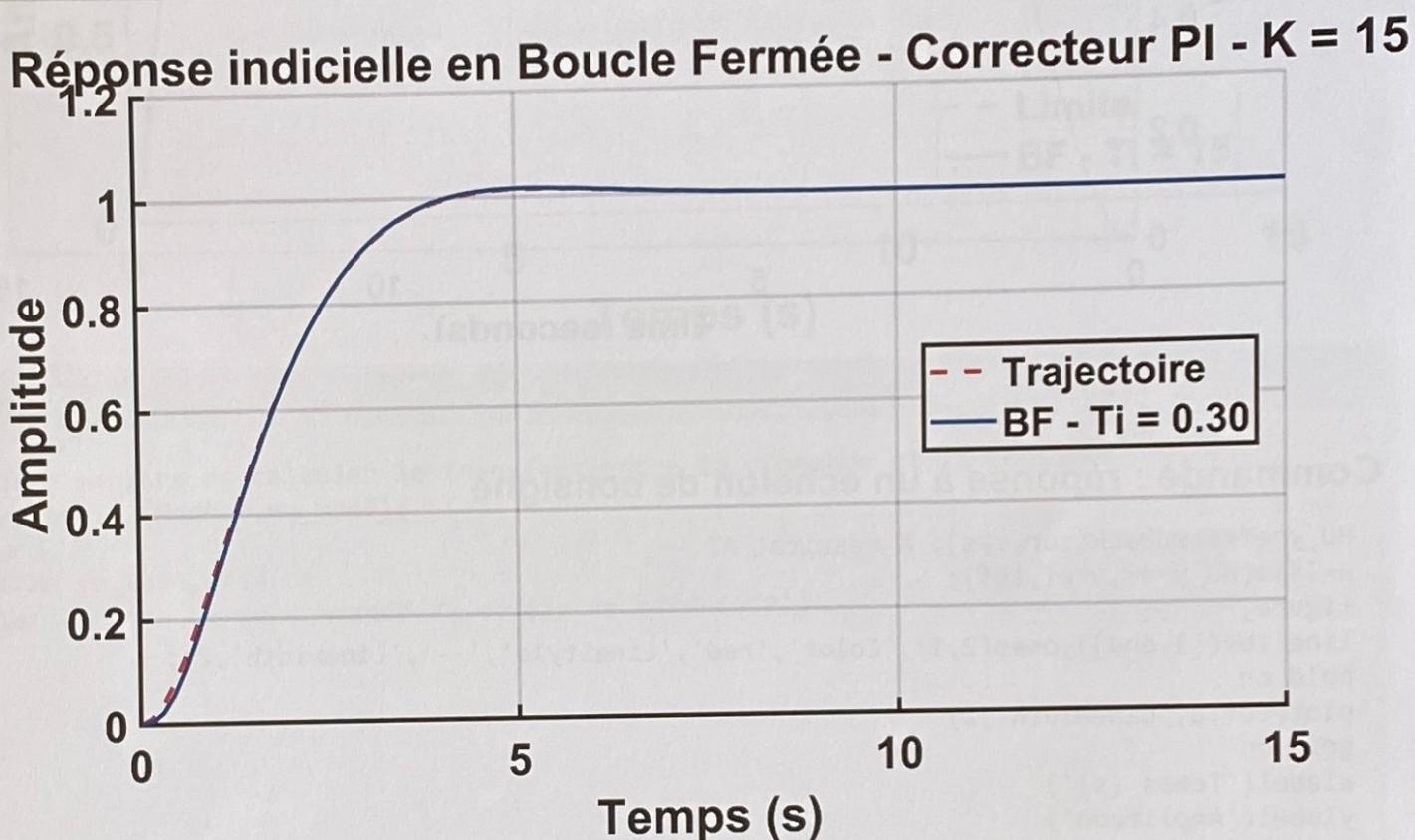
Ti=K/(omega0^2*T);
% Ti=0.1;
cor = K*(1+1/(Ti*s));
sysbf=feedback(cor*sys,1); % résultat FT
% Simulation de la sortie en fonction de la trajectoire de référence
y=lsim(sysbf,yref,tbf);
% plot(tbf,[yref y]),grid
% legend('Trajectoire','Sortie','location','NorthWest')

```

```

figure;
plot(tbf,yref,'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);% red
hold on
plot(tbf,y,'MarkerFaceColor','#0038A8','LineStyle','-','Color','#0038A8','LineWidth',2); % b
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
title(['Réponse indicielle en Boucle Fermée - Correcteur PI - K = ' num2str(K)])
legend({'Trajectoire', ['BF - Ti = ' num2str(Ti,'%4.2f')]}), 'Location', 'best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;
ax.LineWidth=2;
box off
hold off

```



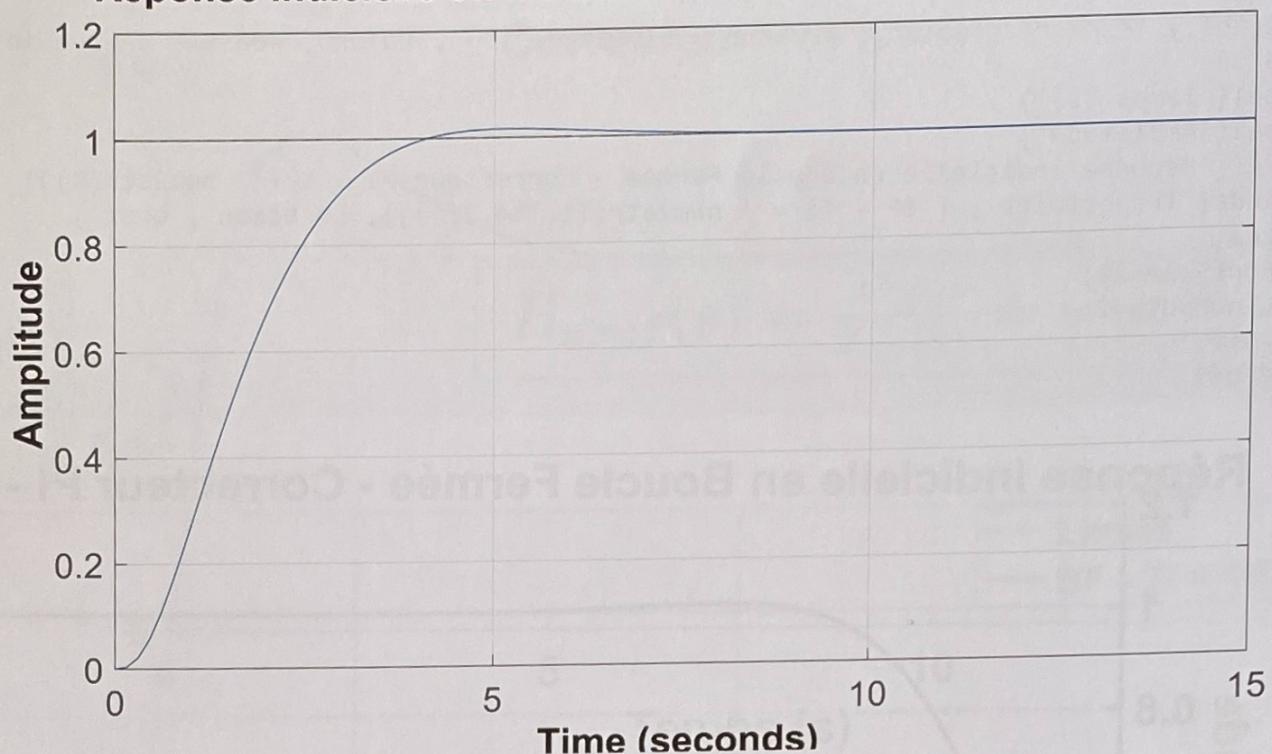
Deuxième solution :

```

% Autre manière de calculer le transfert entre la consigne et la sortie
Hy_yc=series(ModRef,sysbf);
figure,
step(Hy_yc,tbf),grid on
title('Réponse indicielle en Boucle Fermée avec modèle de référence')

```

Réponse indicielle en Boucle Fermée avec modèle de référence



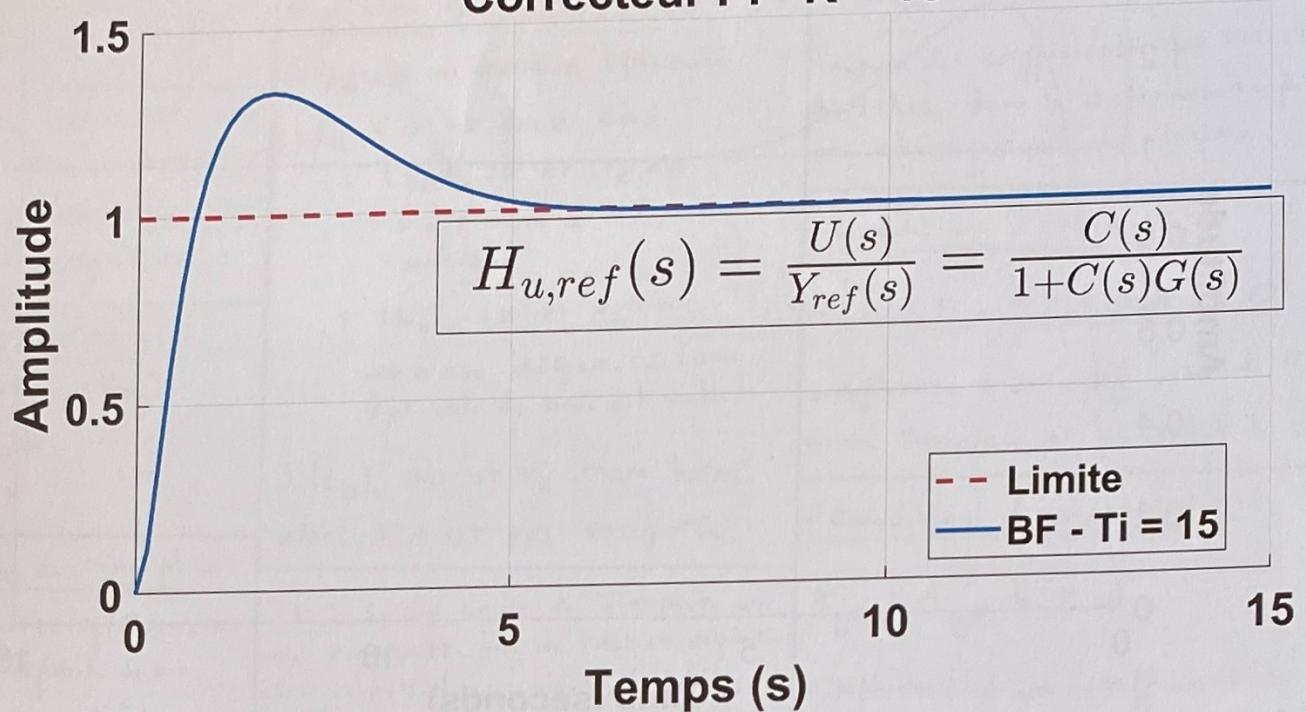
Commande : réponse à un échelon de consigne

```

Hu_yref=feedback(cor,sys); % résultat FT
u=lsim(Hu_yref,yref,tbf);
figure,
line(tbf([1 end]),ones(2,1),'Color','red','LineStyle','--','LineWidth',2);
hold on
plot(tbf,u,'LineWidth',2)
grid on
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Amplitude')
% title(['$H_{uyc}(s)=\frac{U(s)}{Y_c(s)}$'],'FontSize',28,'Interpreter',"latex");
% pas de texte accentué avec des formules : l'un ou l'autre
title({['Réponse de la commande au modèle de référence'], ['Correcteur PI - K = ' num2str(K)]})
str=['$H_{u,ref}(s)=\frac{U(s)}{Y_{ref}(s)}=\frac{C(s)}{1+C(s)G(s)}$'];
dim = [0.5 0.4 0.25 0.2];
annotation('textbox',dim,'String',str,'FitBoxToText','on','FontSize',28,'HorizontalAlignment'
legend({'Limite','BF - Ti = ' num2str(K)}),'Location','best')
ax=gca;
ax.FontSize=20;
hold off

```

Réponse de la commande au modèle de référence Correcteur PI - K = 15



```
% Autre manière de calculer le transfert entre la commande et la consigne
Hu_yc=series(ModRef,Hu_yref);
figure,
step(Hu_yc,tbf),grid on
title('Réponse de la commande au modèle de référence')
```

Réponse de la commande au modèle de référence

