

Diagrammes de Bode, Black et Nyquist avec PGF/TIKZ

Papanicola Robert*

4 novembre 2023

version 1.6 04/11/2023 : Traduction en anglais de la documentation par Mariachiara Garofalo. Correction de quelques coquilles et ré-écriture des exemples. Utilisation du package `tclobox` pour les exemples. / [English translation of the documentation by Mariachiara Garofalo. Fixed some typos and rewrote examples. Using the tclobox package for examples.](#)

version 1.5 24/06/2014 : Petites modifications pour prendre en compte les évolutions de pgf. / [Small modifications to take into account the developments of pgf3.](#)

version 1.41 08/06/2011 : Ajout de la commande `\Unites{}`, légère modification du positionnement des légendes.

version 1.4 09/10/2010 : Modification du répertoire par défaut des fichiers Gnuplot.

version 1.3 1/05/2010 :

- Ajout de la commande `\semiLogNG` qui permet de tracer un diagramme semi-log sans graduation
- suppression de tous les styles (couleurs et épaisseurs) et remplacement par des styles définis par `\tikzset` ;
- Ajout de la commande `\BodePoint`.

version 1.2.1 : 20/01/2010 : ajout de la commande `\semiLog*` pour une grille log plus fine.

version 1.2 : 22/08/2009,

- remplacement des commandes `\BodeAmp` et `\BodeArg` par `\BodeGraph`, ces deux commandes sont maintenues pour assurer la compatibilité avec les anciens fichiers.
- ajout des commandes `\BlackText` et `\NyquistText` permettant d'annoter les courbes de Black et Nyquist ;
- ajout de la commande `\BodePoint`
qui permet de marquer sur les diagrammes une liste de points par une puce (pas d'annotation de ces points) ;

*Merci à Germain Gondor pour ses remarques et à Mariachiara Garofalo pour la traduction

— ajout d'un style pour les puces ;

version 1.1 : 03/05/2009, ajout ;

— abaque temps de réponse 2nd ordre,

— abaque des dépassements d'un 2nd ordre ;

version 1 : mise en ligne de la version initiale 06/04/2009.

1 Introduction / Introduction

Ce package permet de tracer les diagrammes de Bode, Black et Nyquist à l'aide de Gnuplot et Tikz. Les fonctions de transfert élémentaires et les correcteurs courants sont préprogrammés pour être utilisés dans les fonctions de tracé.

This package allows to draw Bode, Nichols and Nyquist graphs using Gnuplot and Tikz. Basic transfer functions and correctors are pre-installed to be used in the tracing functions.

1.1 Nécessite / Need

Pour fonctionner ce package a besoin :

- d'une version CVS de Pgf/Tikz (certaines commandes de calculs ont été modifiées ou intégrées depuis la version 2), elle peut être téléchargée sur le site Texample <http://www.texample.net/tikz/builds/>.
- que *gnuplot* soit installé et configuré pour être exécuté lors de la compilation de votre fichier L^AT_EX(Cf. la doc de Pgf/Tikz).

To run this package requires :

- a CVS Pgf / Tikz (some commands calculations have sumers modified or integrated since version 2) it can be downloaded from Texample <http://www.texample.net/tikz/builds/>
- Gnuplot must be installed and configured to be executed when compiling your ...file (see the doc Pgf/Tikz)

1.2 Composition du package / **Composition of Package**

Ce package est constitué de trois fichiers :

- `bodegraph.sys` : le package proprement dit;
- `isom.txt` : macro-commandes de définition des courbes iso-module;
- `isoa.tx` : macro-commandes de définition des courbes iso-arguments.

et du fichier `bodegraph.tex`, ce fichier contenant la documentation. Les courbes gnuplot précalculées sont dans le répertoire `/gnuplot/`.

Package This package consists of three files :

- `bodegraph.sys` : the package itself;
- `Isom.txt` : macros defining curves iso-module
- `Isoa.tx` : macros definition curves iso-arguments.

`bodegraph.tex` file, the file containing the documentation. Gnuplot precomputed curves are in the directory `/gnuplot/`.

1.3 Utilisation / **Use**

Décompresser l'archive du package dans votre répertoire personnel. Rajouter dans l'entête la commande :

```
\usepackage{bodegraph}
```

Unzip the archive package in your home directory. Add in the header control :

1.4 À faire / **To Do**

- Compléter les fonctions élémentaires,
- Traduction correcte en anglais,
- ...

- Complete the basic functions
- Better english !!!
- ...

2 Les commandes / **Commands**

2.1 Grille semilog / **semilog grid**

- `\semilog{décade mini}{décade maxi}{ymini}{ymaxi}`
- `\semilog*{décade mini}{décade maxi}{ymini}{ymaxi}`

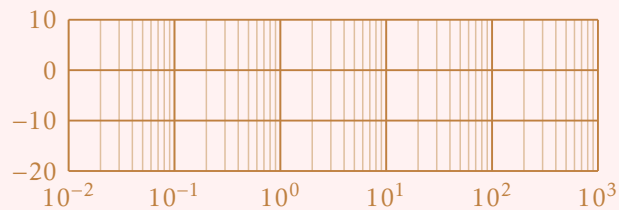
Cette commande générique, étoilée ou non (fig. 1) permet de tracer une grille semilog. La commande étoilée permet d'afficher une grille logarithmique plus précise (demi valeur).

This generic command, starred or not (fig. 1), allows to draw a semilog grid. When the command is starred, it allows to attach a logarithmic grid more precise (semi value).

```

\begin{tikzpicture}
[yscale=2/30,xscale=7/5]
\semilog{-2}{3}{-20}{10}
\end{tikzpicture}

```



```

\begin{tikzpicture}
[yscale=2/30,xscale=7/5]
\semilog*{-2}{3}{-20}{10}
\end{tikzpicture}

```

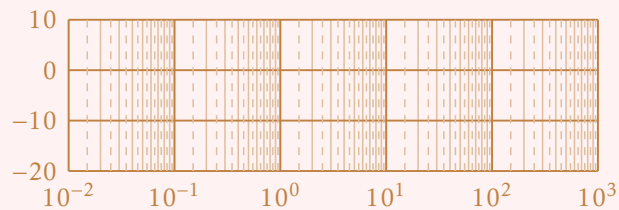


FIGURE 1 – Grille semilog avec graduation

L'amplitude des coordonnées de l'abscisse doit être donnée en décade, de $10^{\text{décade mini}}$ à $10^{\text{décade maxi}}$, l'ordonnée varie elle de y_{mini} à y_{maxi} .

On utilisera les commandes d'échelles de tikz pour adapter les dimensions de la grille à celle de la page. Ainsi si on souhaite afficher un diagramme d'amplitude de 5 décades de 10^{-1} à 10^4 sur 7 cm et 80dB de -60 à 20 dB sur 3 cm, le diagramme de phase de -180° à 0° sur 3 cm avec un pas vertical de 30° en précisant les unités (fig. 1).

The amplitude of the coordinates of the X axis must be given in decades, from $10^{\text{minimum decade}}$ to $10^{\text{maxi decade}}$.

You can use the commands of the tikz scales to adjust the grid dimension to the one of the page. Therefore, if you would like to attach an amplitude graph of 5 decades of 10^{-1} to 10^4 on 7 cm and 80 dB of -60 to 20 dB on 3 cm, phase graph of -180° to 0° on 3 cm with a vertical step of 30° specifying the unites (fig. 1).

2.2 Grille semilog sans graduation / grid without graduation

— `\semilogNG{nbdec}{y}`

Cette commande permet de tracer des diagrammes semi log sans graduation (fig. 2), le premier paramètre est le nombre de décade, le second l'amplitude des ordonnées.

This command allows to draw semilog graphs without graduation (fig. 2), the first parameter is the number of decade, the second the amplitude of ordinates.

```

\begin{tikzpicture}
[yscale=3/50,
xscale=0.9\textwidth/3cm]
\semilogNG{3}{50}
\end{tikzpicture}

```

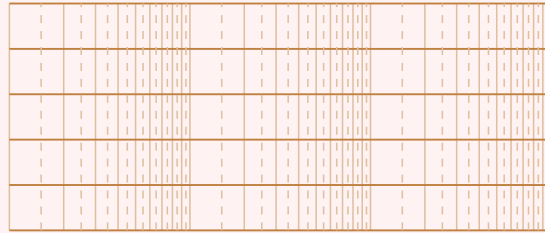


FIGURE 2 – Grille semilog sans graduation

2.3 Paramètres / parameters

```

\begin{tikzpicture}
[xscale=7/5]
\begin{scope}[yscale=3/80]
\UnitedB
\semilog*{-1}{4}{-60}{20}
\end{scope}

\begin{scope}
[yshift=-3cm,yscale=3/180]
\UniteDegre
\OrdBode{30}
\semilog*{-1}{4}{-180}{0}
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

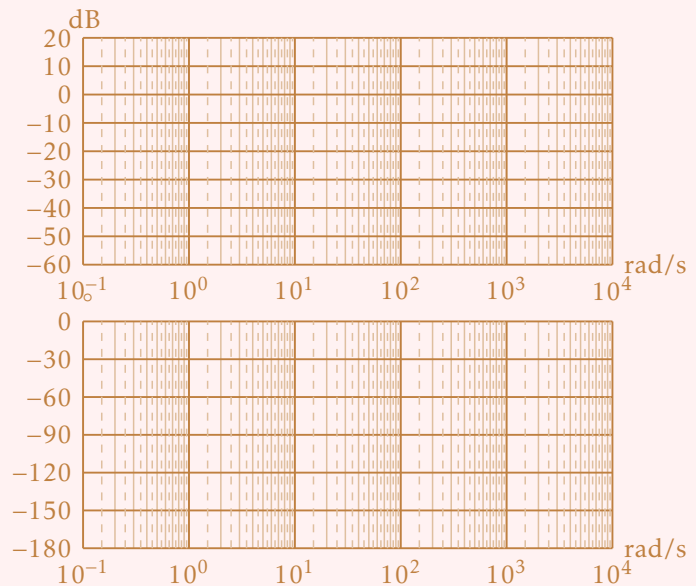


FIGURE 3 – Grille semilog avec unités

- `\UnitedB`
permet d'afficher les unités pour un diagramme d'amplitude | allows to attach unites for an amplitude graph
- `\UniteDegre`
permet d'afficher les unités pour un diagramme de phase. | allows to attach unites for a phase graph.
- `\OrdBode{pas}`

- | | |
|--|---|
| <p>permet de préciser le pas des graduations verticales (par défaut 10) du diagramme semilog.</p> | <p>allows to specify the step of vertical graduations (10 by default) of the graph</p> |
| <p>— <code>\Unites{label axe X}{label axe Y}</code></p> <p>permet de préciser directement les unités des axes.</p> | <p>allows to specify the label of axes</p> |
| <p>— <code>\Unitx{}</code> et <code>\Unity{}</code></p> <p>permettent de choisir directement les unités à afficher, à utiliser sous la forme</p> | <p>allow to choose directly the unites to attach, to be used under the form</p> |

2.3.1 Style du diagramme

- | | |
|--|--|
| <p>Les styles de tracé par défaut sont définis à l'aide de la commande <code>\tikzset</code> (voir figure 4)</p> | <p>Default drawing styles are defined by the command <code>\tikzset</code> (see figure 4)</p> |
| <p>— <code>Bode lines/.style={very thick, blue}</code> :</p> <p>style par défaut des tracé de bode (amplitude et gain);</p> | <p>default style of the bode plot (amplitude and gain);</p> |
| <p>— <code>asympt lines/.style={Bode lines,thin}</code> :</p> <p>style, déduit du précédent, utilisable pour tracer les asymptotes;</p> | <p>style, deduced by the previous one, it can be used to trace the asymptotes;</p> |
| <p>— <code>semilog lines/.style={thin, brown}</code> :</p> <p>style par défaut de la grille semilog;</p> | <p>default style of the semilog grid;</p> |
| <p>— <code>semilog half lines/.style={semilog lines 2, dashed }</code> :</p> <p>style par défaut des demi pas de la grille semilog;</p> | <p>default style of the grid half step;</p> |
| <p>— <code>semilog label x/.style={semilog lines,below,font=\tiny}</code> :</p> <p>style des labels de l'axe des abscisses de la grille semilog;</p> | <p>style of the grid X axis labels;</p> |
| <p>— <code>semilog label y/.style={semilog lines,right,font=\tiny}</code> :</p> <p>idem pour l'axe des ordonnées.</p> | <p>do the same for the Y axis</p> |

```

\begin{tikzpicture}
\begin{scope}[yscale=2/50,xscale=0.9\textwidth/2cm]
\semilog*{0}{2}{-20}{30}
\end{scope}
\begin{scope}[yshift=-3cm,
yscale=2/50,xscale=0.9\textwidth/2cm]
\tikzset{
semilog lines/.style={thin, blue},
semilog lines 2/.style={semilog lines,red!50 },
semilog half lines/.style={semilog lines 2,dotted },
semilog label x/.style={semilog lines, below,font=\tiny},
semilog label y/.style={semilog lines,right,font=\tiny}
}
\semilog*{0}{2}{-20}{30}
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

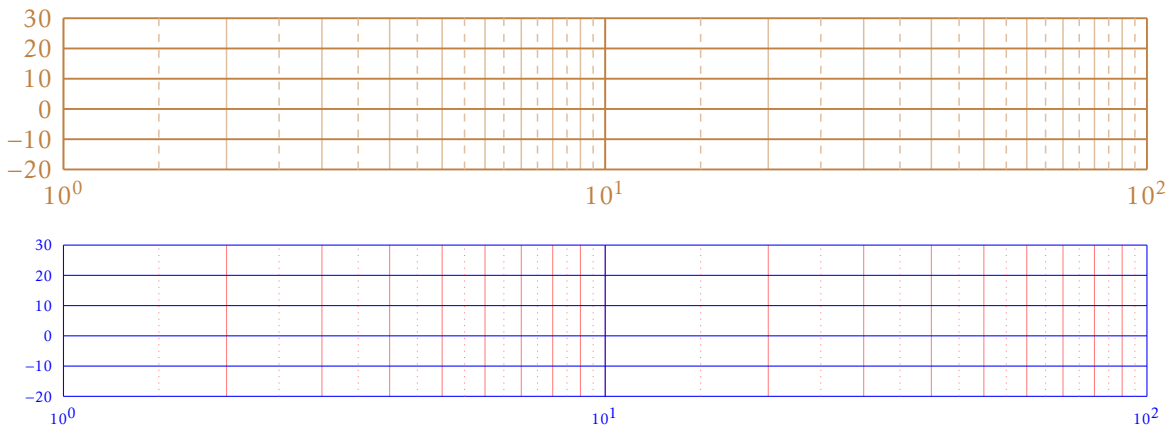


FIGURE 4 – Modification des styles par défaut

Vous pouvez, en modifiant ces styles agir les tracés par défaut (fig. 4).

You can move the defaults drawings by modifying these styles

2.4 Tracé des diagrammes / Drawing bode graph

2.4.1 Commandes / Commands

Les commandes de tracés nécessitent que gnuplot (<http://www.gnuplot.info/>) soit installé et utilisable par votre distribution \LaTeX .

Plot commands require gnuplot (<http://www.gnuplot.info/>) to be installed and usable by your \LaTeX distribution.

Trois commandes permettent de tracer les diagrammes d'amplitude et de phase. (fig. 5).

Three commands allow you to draw amplitude and phase diagrams (fig. 5).

- `\BodeGraph[Options]{domain}{fonction}` :
pour le diagramme d'amplitude et de phase. | for the amplitude and phase graph.
 - `\BodeGraph*[Options]{domain}{fonction}{[options]{texte}}`
réalise le tracé et ajoute le texte avec les options précisées à l'extrémité. | draw the graph and add the text by using the options at the end.
 - `\BodePoint[Options]{liste}{fonction}`
place les points de la liste sur le diagramme. | place the list points on the graph.
- avec / with
- `domain` :
le domaine du tracé précisé en puissance de 10, ainsi pour tracer une fonction de 10^{-2}rads^{-1} à 10^3rads^{-1} on notera le domaine `{-2:3}`. | the graph domain precised in power of 10 le, therefore to draw a function of 10^{-2}rads^{-1} to 10^3rads^{-1} you will note the domain `{-2:3}`.
 - `fonction`
la fonction à tracer écrite avec la syntaxe gnuplot. | the function on the drawing written with gnuplot syntax.
 - `options`
Toutes les options de tracé de tikz et de gnuplot peuvent être utilisées et substituent à celle par défaut, on notera principalement : | all the options of tikz and gnuplot drawings can be used to replace the default ones, it may be noted mainly :
 - spécifiques à tikz / *specifics to tikz*
 - la couleur / *the colour* : `[red]`, `[blue]`, ...
 - l'épaisseur / *the thickness* : `[thin]`, `[thick]`, ...
 - le style / *the style* : `[dotted]`, `[dashed]`, ...
 - spécifiques à gnuplot / *specifics to gnuplot*
 - nombre de points / *number of points* : `[samples=xxx]`

- Nom du fichier créé / File name `[id=nomdufichier]`
- Répertoire par défaut / default directory `prefix=gnuplot/\jobname`
- valeurs par défaut / default values : `[samples=50, thick, blue]`) 1

Il est à noter que tikz, sauvegarde au premier appel de gnuplot la table des valeurs et que si celle-ci est inchangée lors d'une compilation ultérieure, tikz réutilise la table précédemment sauvée. il est donc important pour minimiser le temps de compilation de préciser un id différent pour chaque courbe, par défaut les macros sauvegardent les graphes dans des fichiers différents (incrémentant d'un compteur).

It should be noticed that tikz saves at the first order of gnuplot the table of values and if it is not modified at the time of a further compilation, tikz reuses the table previously saved. Therefore, it is important, in order to reduce the compilation time, to specify a different id for each curve. As default macros save the graphs into different files (incrementing a counter).

- Répertoire/ directory : `[prefix=repertoire/]`

Le répertoire de sauvegarde des tables de données . Cette configuration par défaut est réglé par un style défini en utilisant la commande :

This default configuration is regulated by a style defined using :

```
\tikzset{gnuplot def/.style={samples=50,id=\arabic{idGnuplot},prefix=gnuplot/\jobname } }
```

Sur certains systèmes (windows), le répertoire **gnuplot/bodegraph** est créé par gnuplot, si ce n'est pas le cas, vous devez le créer.

On some systems (windows), the **gnuplot/bodegraph** directory is created by gnuplot, if this is not the case, you must create it.

- pour les autres options, consulter la documentation de tikz. / for the other options consult tikz documentation.
- styles prédéfinis / preset styles : plusieurs styles sont prédéfinis. | many styles are preset.

2.4.2 Exemples / Examples

Pour tracer le diagramme d'amplitude de la fonction du premier ordre, $H(s) = \frac{3}{1+0.3 \cdot s}$ entre 10^{-2} rad/s et 10^2 rad/s sur une grille semi logarithmique, on utilise la séquence de commandes ci-dessous.

To draw an amplitude graph of the first order function, $H(s) = \frac{3}{1+0.3 \cdot s}$ between 10^{-2} rad/s et 10^2 rad/s on a semi logarithmic grids, you can use the commands sequence below.

```
\begin{tikzpicture}
[xscale=5/4,yscale=5/30]
\NomGnuplot[orde1-]
\UnitedB
\semilog{-2}{2}{-20}{10}
\BodeGraph{-2:2}
{20*log10(abs(3/sqrt(1+(0.3*10**t)**2)))}
\end{tikzpicture}
```

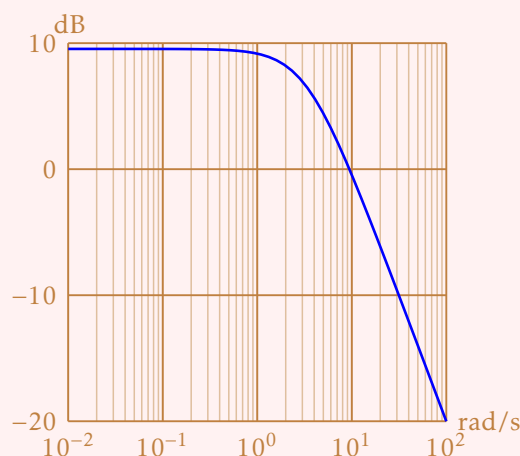


FIGURE 5 – Utilisation de BodeGraph

```
\begin{tikzpicture}
[xscale=6/4,yscale=5/30]
\Unites{rad/s}{Module en dB}
\semilog{-2}{2}{-20}{10}
\BodePoint{0.1,0.15,0.5,1,2.5,
5,10,20,50,80}
{20*log10(abs(3/sqrt
(1+(0.3*10**t)**2)))}
\end{tikzpicture}
```

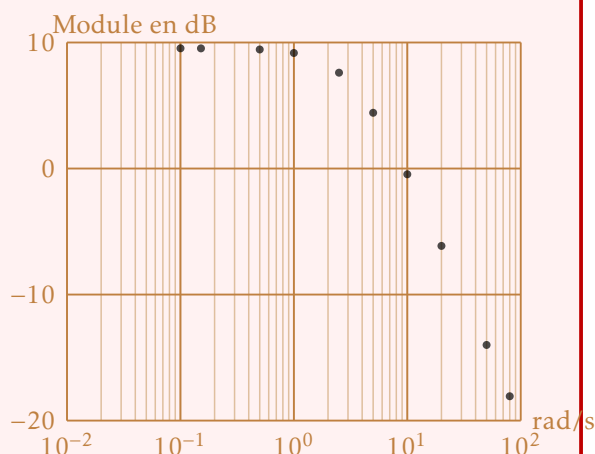


FIGURE 6 – Utilisation de BodePoint

2.5 Fonctions de transfert élémentaires préprogrammées / pre-programmed elementary transfer functions

Les fonctions de base pour tracer les diagrammes de Bode des systèmes du premier, du second ordre, et l'intégration, sont directement implémentées dans le package ainsi que les diagrammes asymptotiques de ces même fonctions.

Basic functions to draw Bode graphs of the first, second order systems, and integration, are directly implemented in the package, as well as asymptotic graphs of the same functions.

Ces fonctions ne peuvent être utilisées qu'avec les commandes de tracé :

These functions can only be used with the drawing commands :

- `\BodeGraph[Options]{domaine}{fonction}` ;
- `\BodeGraph*[Options]{domaine}{fonction}` ;

Le tracé des asymptotes présente un défaut à la cassure, cela est dû à la finesse du tracé avec gnuplot, pour améliorer ce tracé, il est possible d'utiliser l'option **const plot** qui permet de tracer des créneaux et d'augmenter le nombre de points à calculer **samples=xxx** et mais cela risque d'accroître le temps de compilation.

Asymptotes graph presents a defect on the break, this is due to the thinness of the graph with gnuplot. To improve this drawing, it is possible to use the option **const plot** which allows to draw crenels and to increase the number of points to calculate **samples=xxx** . However, this risks to increase the compilation time.

2.5.1 Premier ordre / First order

Deux commandes implémentent les formules permettant le tracé des diagrammes d'amplitude et de phase par gnuplot de la fonction du premier ordre $H_1(s) = \frac{K}{1 + \tau \cdot s}$ et deux autres les diagrammes asymptotiques (fig. 12) :

Two commands implement formulae which allow the drawing of amplitude and phase graphs, through gnuplot, of the first order function $H_1(s) = \frac{K}{1 + \tau \cdot s}$. And two others for the asymptotic graphs (fig. 12) :

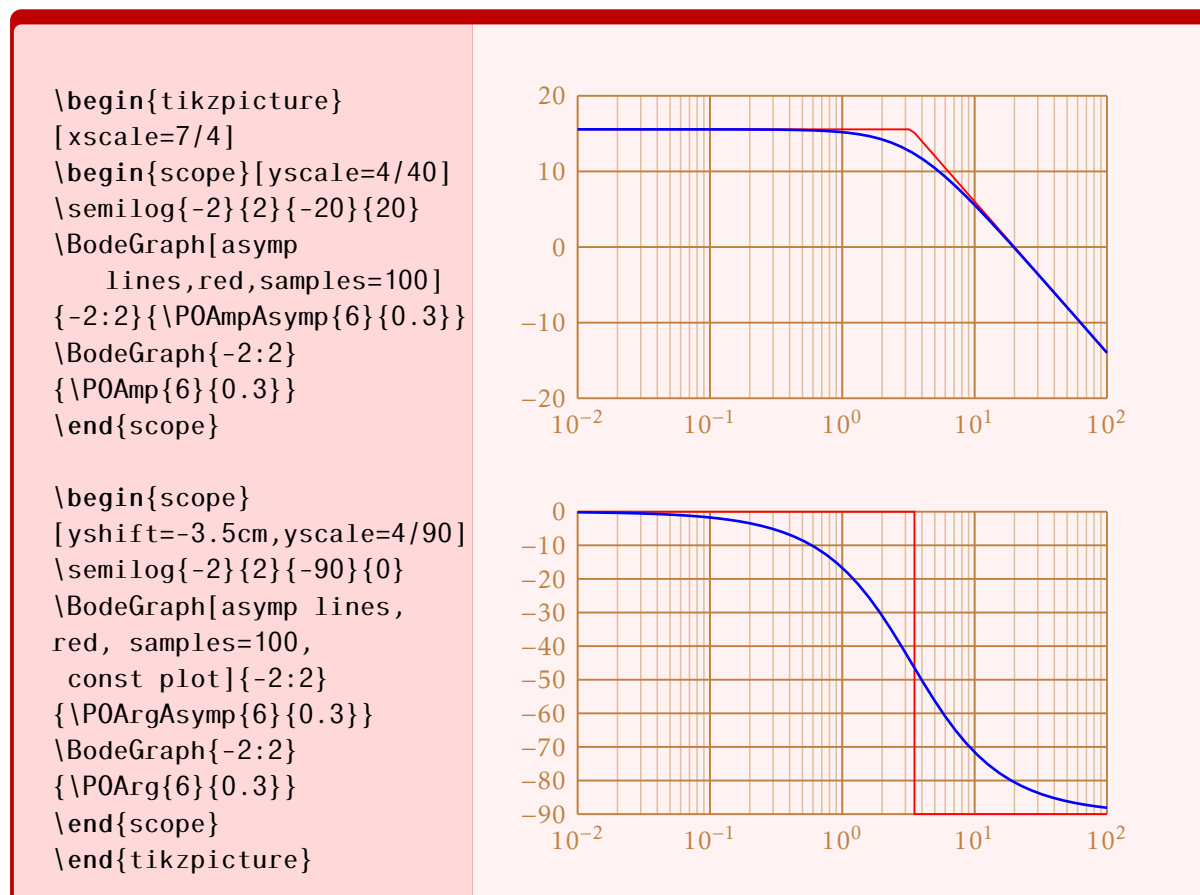


FIGURE 7 – Premier ordre

- `\POAmp{K}{tau}` pour le diagramme d'amplitude, avec **K** le gain **tau** la constante de temps / for the amplitude graph, with **K** as gain **tau** constant of time ;
- `\POAmpAsymp{K}{tau}` pour le diagramme asymptotique d'amplitude / for the asymptotic amplitude graph ;
- `\POArg{K}{tau}` pour le diagramme de phase / for the phase graph ;
- `\POArgAsymp{K}{tau}` pour le diagramme asymptotique de phase / for the asymptotic phase graph .

Remarque : K n'est pas utile pour tracer le diagramme de phase, il est juste maintenu pour faciliter l'écriture de la fonction par copie directe de la commande de tracer du module.

Note : K is not useful anymore to trace a phase graph, it is only kept to simplify the writing of the function by a direct copy of the module drawing.

2.5.2 Second ordre / Second order

```

\begin{tikzpicture}[xscale=7/3]
\begin{tikzset}
mylines/.style={very
  thick, red},
myasympt/.style={Bode
  lines, thin, blue}}
\begin{scope}[yscale=4/40]
\UnitedB
\semilog{-1}{2}{-20}{20}
\BodeGraph[myasympt]{-1:1.7}
{\SOAmpAsymp{6}{0.3}{10}}
\BodeGraph[mylines,
samples=101]{-1:1.7}
{\SOAmp{6}{0.3}{10}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-3cm,yscale=4/180]
\OrdBode{30}
\UniteDegre
\semilog{-1}{2}{-180}{0}
\BodeGraph[myasympt,
const plot]{-1:2}
{\SOArgAsymp{6}{0.3}{10}}
\BodeGraph[mylines]{-1:2}
{\SOArg{6}{0.3}{10}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```



FIGURE 8 – Second ordre

Deux commandes implémentent les formules permettant le tracé des diagrammes d'amplitude et de phase par gnuplot de la fonction du second ordre $H_2(s) = \frac{K}{1 + \frac{2z}{\omega_n} \cdot s + \frac{s^2}{\omega_n^2}}$ et deux pour le tracé des asymptotes (fig. 8) :

Two commands implement formulae which allow the drawing of amplitude and phase graphs of the second order function $H_2(s) = \frac{K}{1 + \frac{2z}{\omega_n} \cdot s + \frac{s^2}{\omega_n^2}}$ And two for the asymptotic graphs (fig. 8) :

- Pour le diagramme d'amplitude, avec **K** le gain, **z** le coefficient d'amortissement et **Wn** la pulsation propre ; / for the amplitude graph, with **K** the gain, **z** damping coefficient and **Wn** the natural pulsation :

`\SOAmp{K}{z}{Wn}`

- Pour le diagramme asymptotique d'amplitude / for the asymptotic amplitude graph :

`\SOAmpAsymp{K}{z}{Wn}`

- Pour le diagramme de phase / for the phase graph :

`\SOArg{K}{z}{Wn}`

- Pour le diagramme asymptotique de phase ; / for the asymptotic phase graph :

`\SOArgAsymp{K}{z}{Wn}`

2.5.3 Intégrateur / Integrator

$$H_i(s) = \frac{K}{s} \text{ (fig. 9)}$$

- Diagramme d'amplitude ; / Amplitude graph : `\IntAmp{K}`

- Diagramme de phase. / Phase graph : `\IntArg{K}`

```
\begin{tikzpicture}
\begin{scope}
[xscale=7/4,yscale=2.5/80]
\semilog{-2}{2}{-40}{40}
\BodeGraph{-2:2}{\IntAmp{1}}
\end{scope}
\begin{scope}[yshift=-2cm,
xscale=7/4,yscale=2.5/110]
\semilog{-2}{2}{-100}{10}
\BodeGraph{-2:2}{\IntArg{1}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

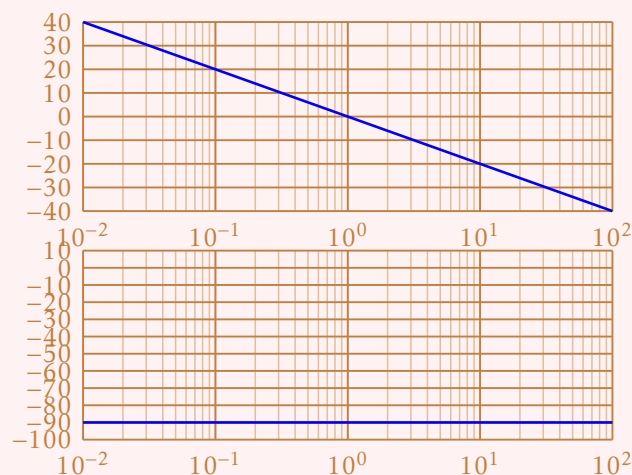


FIGURE 9 – Intégrateur

2.5.4 Gain seul / Gain alone

$$H_K(s) = K$$

Pour le diagramme d'amplitude (pas de diagramme de phase). / for the amplitude graph (not the phase graph) :

`\KAmp{K}`

2.5.5 Premier Ordre généralisé / First order generalised

$$H(p) = K \frac{a_1 + a_2 \cdot p}{b_1 + b_2 \cdot p} \text{ (fig. 10)}$$

Courbes réelles / real curves

— `\POgAmp{K}{a1}{a2}{b1}{b2}`

— `\POgArg{K}{a1}{a2}{b1}{b2}`

Asymptotes

— `\POgAmpAsymp{K}{a1}{a2}{b1}{b2}`

— `\POgArgAsymp{K}{a1}{a2}{b1}{b2}`

a_1 et b_1 ne doivent pas être nuls. / a_1 and b_1 must not be zero.

```
\begin{tikzpicture}[xscale=7/4]
\begin{scope}[yscale=4/40]
\semilog{-2}{2}{-20}{10}
\BodeGraph{-2:2}
{\POgAmp{3}{4}{5}{6}{70}}
\BodeGraph[thin,red]{-2:2}
{\POgAmpAsymp{3}{4}{5}{6}{70}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-4cm,yscale=4/180]
\OrdBode{30}
\semilog{-2}{2}{-90}{60}
\BodeGraph{-2:2}
{\POgArg{3}{4}{5}{6}{70}}
\BodeGraph[thin,red,const
plot]{-2:2}
{\POgArgAsymp{3}{4}{5}{6}{70}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

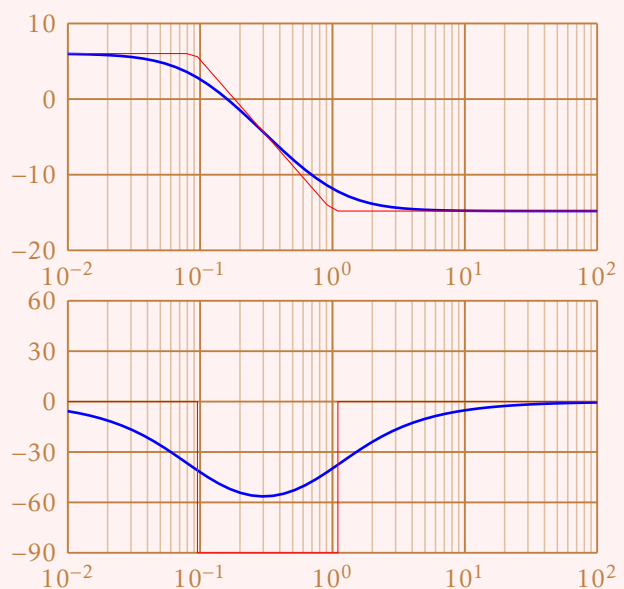


FIGURE 10 – Premier ordre généralisé

2.5.6 Retard / Delay

$$H_r(s) = e^{-T_r \cdot s} \text{ (fig. 11)}$$

```

\begin{tikzpicture}[xscale=12/3]
\begin{scope}[yscale=3.5/50]
\UnitedB
\semilog{0}{3}{-40}{10}
\BodeGraph{0:3}{\RetAmp{0.08}}
\BodeGraph[red]{0:3}{\POAmp{1.0}{0.08}}
\BodeGraph[black]{0:3}{\POAmp{1.0}{0.08}+\RetAmp{0.08}}
\draw [latex-](2.2,-0)--++(-0.1,-5)node[left] {retard};
\draw [latex-](2.2,-22)--++(-0.1,-5)node[left] {1er ordre};
\draw [latex-](2.2,-22)--++(-0.1,-10)node[left] {1er ordre retardé};
\end{scope}
\begin{scope}[yshift=-3.5cm,yscale=3.5/180]
\UniteDegre
\OrdBode{30}
\semilog{0}{3}{-180}{0}
\BodeGraph{0:3}{\RetArg{0.08}}
\BodeGraph[red]{0:3}{\POArg{1}{0.08}}
\BodeGraph[black]{0:3}{\POArg{1}{0.08}+\RetArg{0.08}}
\draw [latex-](2.8,-50)--++(-0.1,-10)node[left] {retard};
\draw [latex-](2.8,-88)--++(-0.1,+10)node[left] {1er ordre};
\draw [latex-](2.8,-140)--++(-0.1,-10)node[left] {1er ordre retardé};
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

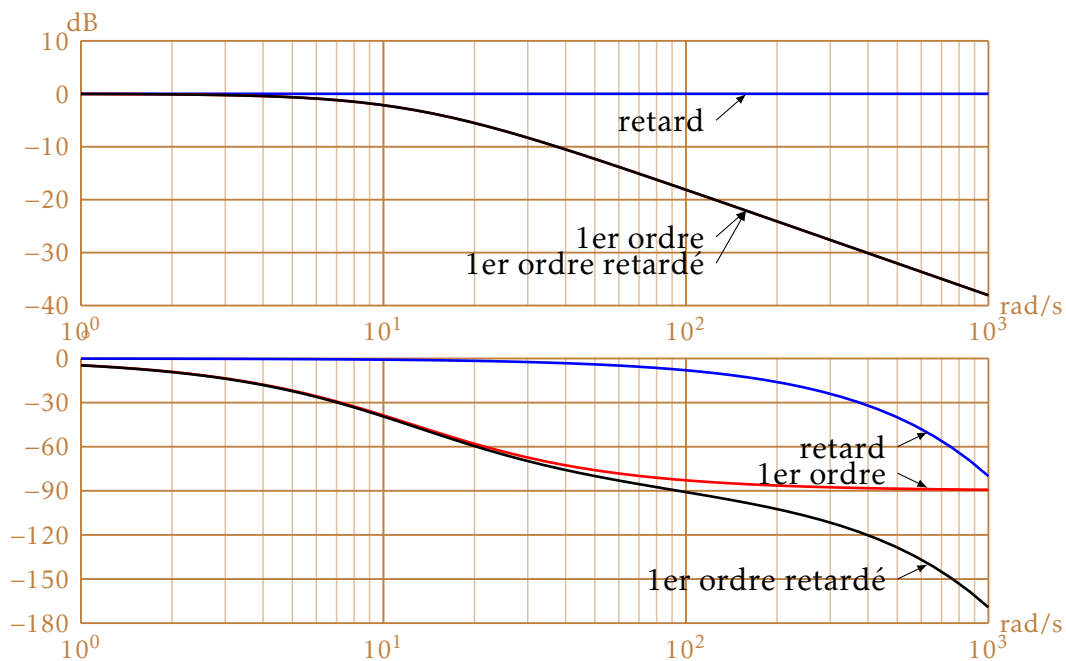


FIGURE 11 – Retard et 1er ordre

— `\RetAmp{Tr}` :

Tracé du diagramme d'amplitude.

Plotting the amplitude diagram.

— `\RetArg{Tr}` :

Tracé du diagramme de phase.

Sur la figure 11 on note l'effet d'un retard sur une fonction de transfert du premier ordre.

Plotting the phase graph.

In the figure 11, we note the effect of a delay on a first order transfer function.

2.5.7 Fonctions inverses / inverse functions

À partir des fonctions élémentaires ci-dessus il est facile de tracer les fonctions inverses en changeant uniquement le signe.

Using the basic functions above, it is possible to draw the inverse functions just by changing their sign.

```

\begin{tikzpicture}
[xscale=7/4]
\begin{scope}[yscale=4/40]
\semilog{-2}{2}{-10}{30}
\BodeGraph[asympt
  lines,red,samples=100]
{-2:2}{-\POAmpAsymp{1}{0.3}}
\BodeGraph{-2:2}
{-\POAmp{1}{0.3}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-6cm,yscale=4/90]
\semilog{-2}{2}{0}{90}
\BodeGraph[asympt lines,
red, samples=100,
const plot]{-2:2}
{-\POArgAsymp{1}{0.3}}
\BodeGraph{-2:2}
{-\POArg{1}{0.3}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

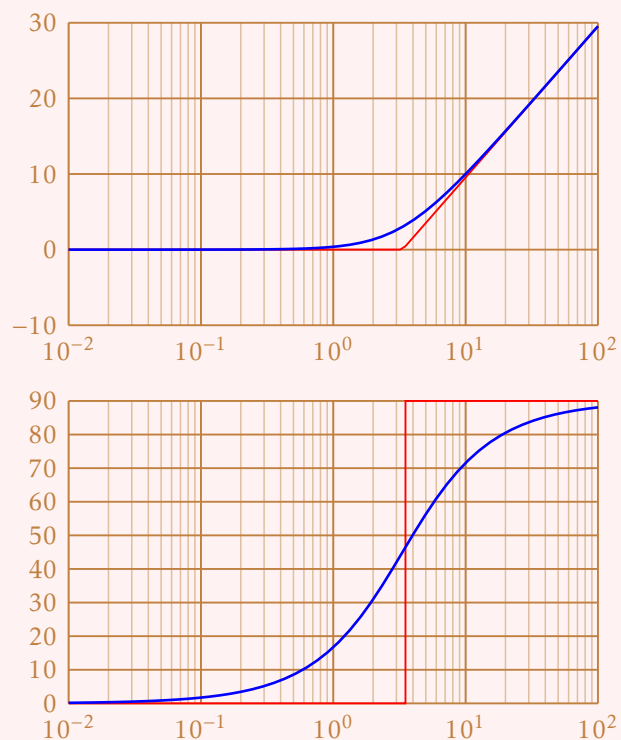


FIGURE 12 – Premier ordre au numérateur

Premier ordre au numérateur / 1st order at the numerator : $N_1(s) = 1 + T \cdot s$ avec / with

— pour le module / for module :

`\BodeGraph[Options]{domain}{-\POAmp{1}{T}}`

— pour la phase / for phase :

`\BodeGraph[Options]{domain}{-\POArg{1}{T}}`

Second ordre au numérateur / Second order in the numerator :

$$N_2(s) = 1 + 2 \frac{z}{\omega_n} \cdot s + \frac{s^2}{\omega_n^2}$$

avec / with

— pour le module / for module :

`\BodeGraph[Options]{domain}{-\SOAmp{1}{z}{Wn}}`

— pour la phase / for phase :

`\BodeGraph[Options]{domain}{-\SOArg{1}{z}{Wn}}`

Dérivateur : $N_d(s) = s$ avec

— Module / Module : `\BodeGraph[Options]{domain}{-\IntAmp{1}}`

— Phase / Phase : `\BodeGraph[Options]{domain}{-\IntArg{1}}`

2.6 Correcteurs

Les correcteurs de base sont aussi pré-programmés.

Basic correctors are also pre-programmed.

Correcteur Proportionnel P / Proportional controller P : $C(p) = K$

— Module / Module : `\Kamp{K}`

— Phase / Phase : `\Karg{K}`¹

Correcteur Proportionnel intégrateur (PI) / proportional-integral controller (PI)

$$C(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_i \cdot s}{T_i \cdot s} \text{ (fig. 13)}$$

Courbes réelles

— module : `\PIAmp{Kp}{Ti}`,

— argument : `\PIArg{Kp}{Ti}`

Asymptotes

— module : `\PIAmpAsymp{Kp}{Ti}`,

— argument : `\PIArgAsymp{Kp}{Ti}`

```
\begin{tikzpicture}[xscale=7/3]
\begin{scope}[yscale=3/40]
\UnitedB
\BodeGraph[thick]{0:3}
{\PIAmp{2}{0.08}}
\BodeGraph[black]{0:3}
{\PIAmpAsymp{2}{0.08}}
\semilog{0}{3}{-10}{30}
\end{scope}
\begin{scope}[yshift=-1.5cm,
yscale=3/90]
\UniteDegre
\OrdBode{15}
\semilog{0}{3}{-90}{0}
\BodeGraph[thick]{0:3}
{\PIArg{2}{0.08}}
\BodeGraph[black
,samples=201,const
plot]{0:3}
{\PIArgAsymp{2}{0.08}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

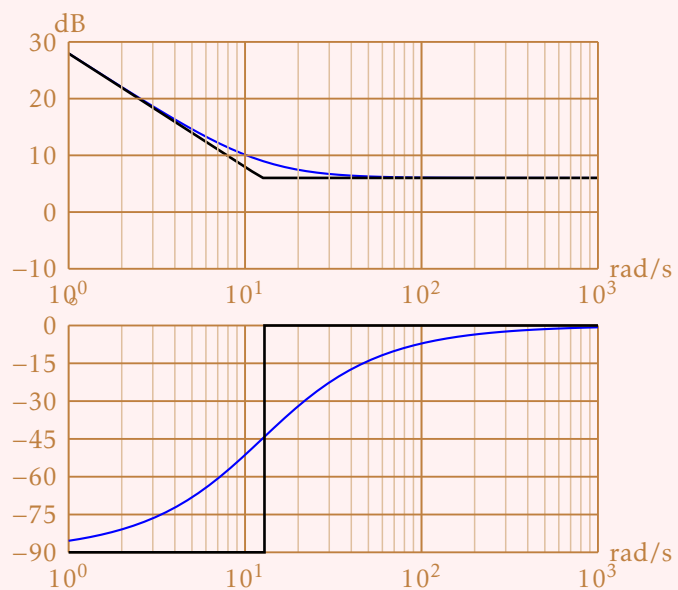


FIGURE 13 – Correcteur P.I

1. commande inutile, elle retourne 0 / Useless command, it returns 0

2.6.1 Correcteur Proportionnel Dérivée (PD) / Derived proportional controller (PD)

$$C(s) = K_p \cdot (1 + T_d \cdot s)$$

Le correcteur PD programmé est un correcteur idéal, pour réaliser un correcteur réel, on utilisera le correcteur à avance de phase (fig. 14).

Controller PD programmed is an ideal corrector. To create a real corrector, you can use the advance phase controller (fig. 14)

Courbes réelles / Real curves

— Module / Module : `\PDamp{Kp}{Td}`,

— Phase / Phase : `\PDArg{Kp}{Td}`

Asymptotes

— Module / Module : `\PDampAsymp{Kp}{Td}`,

— Phase / Phase : `\PDArgAsymp{Kp}{Td}`

```
\begin{tikzpicture}[xscale=7/3]
\begin{scope}[yscale=3/50]
\UnitedB
\semilog{0}{3}{0}{50}
\BodeGraph[thick]{0:3}
{\PDamp{2}{0.08}}
\BodeGraph[black]{0:3}
{\PDampAsymp{2}{0.08}}
\end{scope}
\begin{scope}[yshift=-3.5cm,
yscale=3/90]
\UniteDegre
\OrdBode{15}
\semilog{0}{3}{0}{90}
\BodeGraph[thick]{0:3}
{\PDArg{2}{0.08}}
\BodeGraph[black,samples=201]
, const plot]
{0:3}{\PDArgAsymp{2}{0.08}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

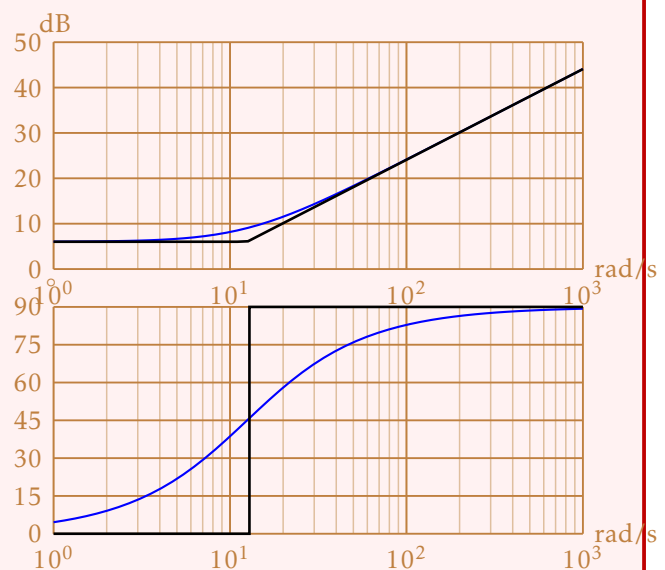


FIGURE 14 – Correcteur P.D

2.6.2 Correcteur à Avance de phase / Advance phase corrector

$$C_{AP}(s) = K_p \cdot \frac{1 + a \cdot T_a \cdot s}{1 + T_a \cdot s} \text{ (fig. 15)}$$

Courbes réelles / Real curves

- Module / Module : $\text{\APAmplitude}{K_p}{T_a}{a}$,
- Phase / Phase : $\text{\APPhase}{K_p}{T_a}{a}$

Asymptotes

- Module / Module : $\text{\APAmpAsymp}{K_p}{T_a}{a}$,
- Phase / Phase : $\text{\APAArgAsymp}{K_p}{T_a}{a}$

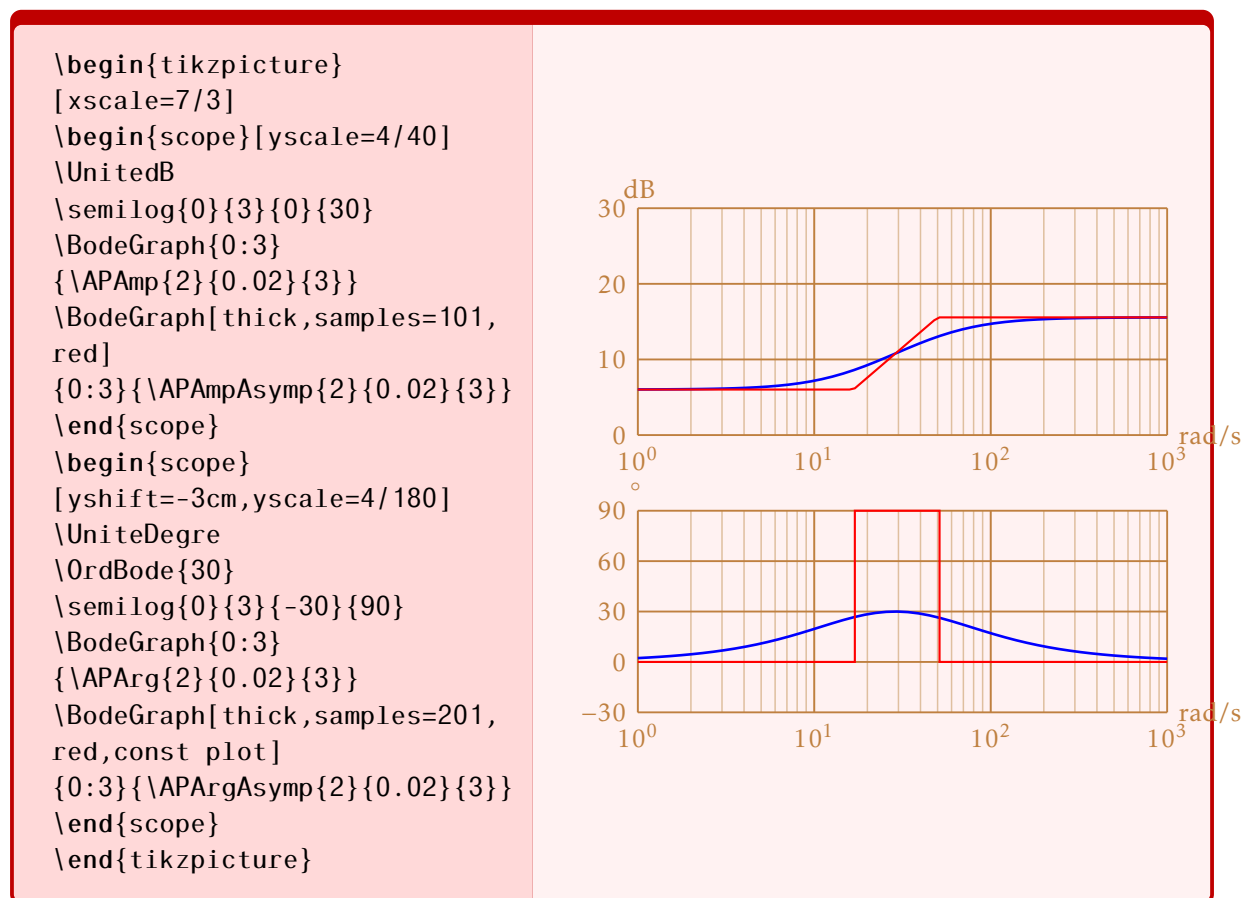


FIGURE 15 – Correcteur avance de phase

2.6.3 Correcteur à Retard de phase / Phase delay corrector

$$C_{RP}(p) = K_p \cdot \frac{1 + T_r \cdot p}{1 + a \cdot T_r \cdot p} \text{ (fig. 16)}$$

Courbes réelles / Real curves

— Module / Module : `\RPAmp{Kp}{Tr}{a}`

— Phase / Phase : `\RPArg{Kp}{Tr}{a}`

Asymptotes

— Module / Module : `\RPAmpAsymp{Kp}{Tr}{a}`

— Phase / Phase : `\RPArgAsymp{Kp}{Tr}{a}`

```
\begin{tikzpicture}[xscale=7/3]
\begin{scope}[yscale=3/40]
\UnitedB
%\node{\tiny
  \PIAmp{3}{0.5}};
\semilog{0}{3}{-10}{30}
\BodeGraph[thick]
{0:3}{\RPAmp{2}{0.02}{3}}
\BodeGraph[,thin,samples=101,red]
{0:3}{\RPAmpAsymp{2}{0.02}{3}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-3cm,yscale=3/180]
\UniteDegree
\OrdBode{30}
\semilog{0}{3}{-90}{90}
\BodeGraph[thick]
{0:3}{\RPArg{2}{0.02}{3}}
\BodeGraph[thin,samples=201,
red,const plot]
{0:3}{\RPArgAsymp{2}{0.02}{3}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

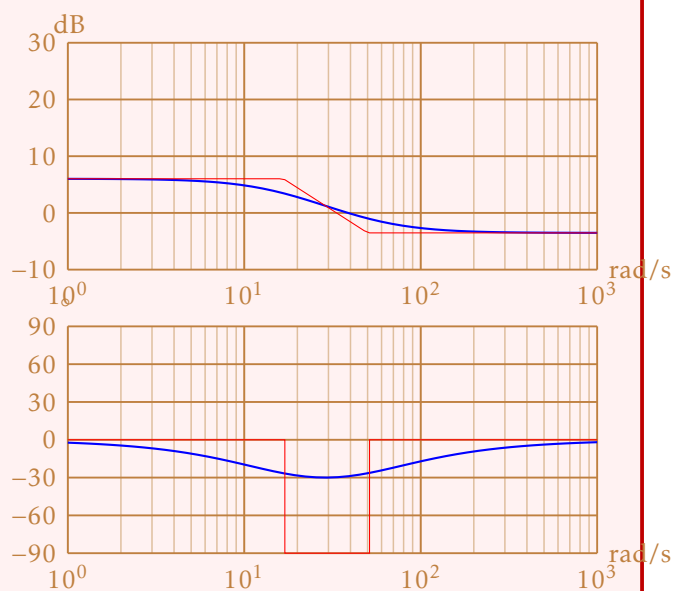


FIGURE 16 – Correcteur retard de phase

2.6.4 Correcteur proportionnel intégral dérivateur (forme série) PID / **proportional integral derivative corrector (series form) (PID)**

$$C(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_i \cdot s}{T_i \cdot s} \cdot (1 + T_d \cdot s) \text{ (fig. 17)}$$

Courbes réelles / **Real curves**

— Module / **Module** : `\PIDAmp{Kp}{Ti}{Td}`

— Phase / **Phase** : `\PIDArg{Kp}{Ti}{Td}`

Asymptotes

— Module / **Module** :

`myverb20*log10(abs(1/(10**t)))+20*log10(Kp/Ti)-(t < log10(1./Ti) ? 20*log10(1) : 20*log10(0.1*10.0*1/(Ti))-20*log10(10**t))-(t < log10(1./Td) ? 20*log10(1) : 20*log10(0.1*10.0*1/(Td))-20*log10(10**t))`

— Phase / **Phase** : `\PIDArgAsymp{Kp}{Ti}{Td}`

```
\begin{tikzpicture}[xscale=7/3]
```

```
\begin{scope}[yscale=3/40]
```

```
\UnitedB
```

```
\semilog{0}{3}{-10}{30}
```

```
\BodeGraph{0:3}
```

```
{\PIDAmp{2}{0.08}{0.02}}
```

```
\BodeGraph[black]
```

```
{0:3}{\PIDAmpAsymp{2}{0.08}{0.02}}
```

```
\end{scope}
```

```
\begin{scope}[yshift=-3cm,yscale=3/180]
```

```
\Unites{rad/s}{Argument
```

```
en degré}
```

```
\OrdBode{30}
```

```
\semilog{0}{3}{-90}{90}
```

```
\BodeGraph{0:3}
```

```
{\PIDArg{2}{0.08}{0.02}}
```

```
\BodeGraph[samples=2,
```

```
black,samples=201]
```

```
{0:3}{\PIDArgAsymp{2}{0.08}{0.02}}
```

```
\end{scope}
```

```
\end{tikzpicture}
```

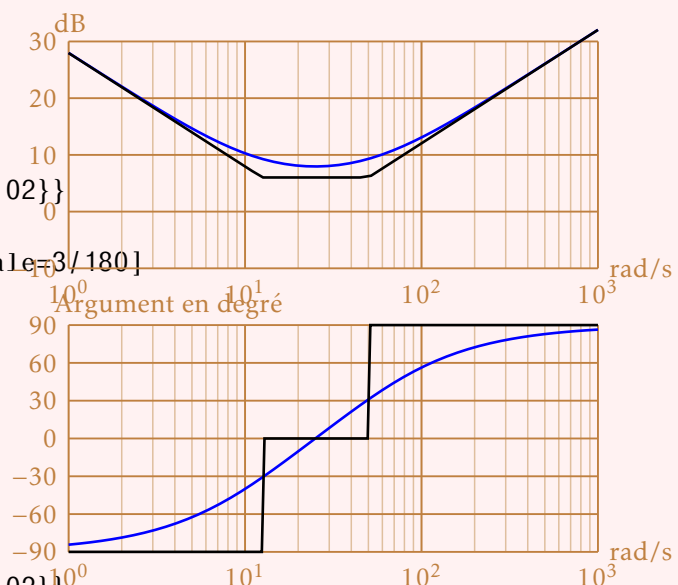


FIGURE 17 – Correcteur P.I.D série

2.7 Fonctions de transfert complexes / Complex functions of transfer

Pour tracer les diagrammes de Bode d'une fonction de transfert complexe, définie par le produit de fonctions élémentaires, il suffit de sommer les représentations, aussi bien pour le tracé de la fonction que pour les asymptotes.

To trace Bode plot of a complex transfer function, defined by the product of basic functions, you can simply sum up the representations, of the function graph as well as of the asymptotes.

2.7.1 Exemples / Examples

Premier ordre + intégrateur / first order + integrator : $H_1(s) = \frac{8}{s \cdot (1 + 0,5 \cdot s)} = \frac{1}{s} \cdot \frac{8}{1 + 0,5 \cdot s}$ (fig. 18)

```
\begin{tikzpicture}
[xscale=7/4]
\begin{scope}
[yscale=4/100]
\semilog{-2}{2}{-40}{60}
\BodeGraph[thin,samples=100]
{-1.5:1.5}
{\POAmpAsymp{8}{0.5}
+\IntAmp{1}}
\BodeGraph{-1.8:1.5}
{\POAmp{8}{0.5}+\IntAmp{1}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-2.5cm,yscale=4/200]
\OrdBode{20}
\semilog{-2}{2}{-200}{0}
\BodeGraph[samples=100,thin,
red,const plot]
{-2:2}
{\POArgAsymp{8}{0.5}
+\IntArg{1}}
\BodeGraph{-2:2}
{\POArg{8}{0.5}+\IntArg{1}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}
```

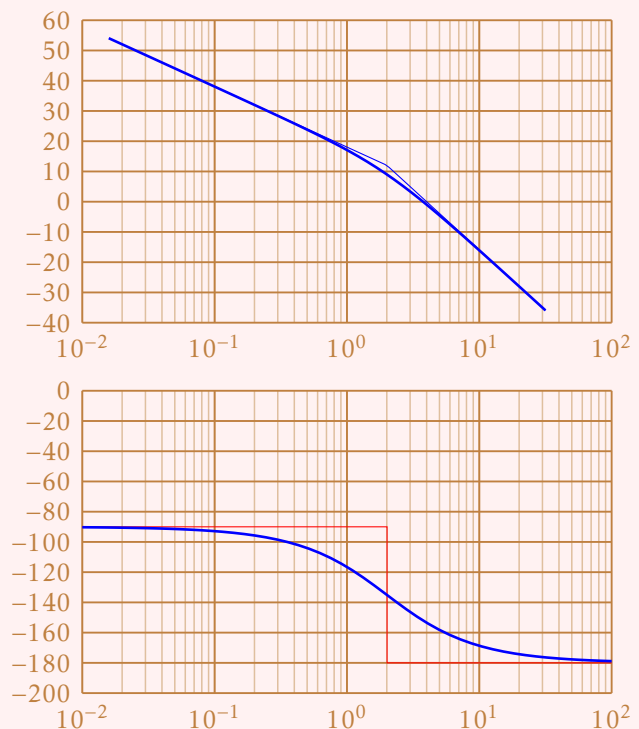


FIGURE 18 – Premier ordre +intégrateur

Second ordre généralisé / Second order generalised :

$$H_{2g} = 5 \cdot \frac{1 + 0,01 \cdot s}{1 + \frac{2 \cdot 0,3}{15} \cdot s + \frac{s^2}{15^2}} = (1 + 0,01 \cdot s) \frac{5}{1 + \frac{2 \cdot 0,3}{15} \cdot s + \frac{s^2}{15^2}} \text{ (fig. 19)}$$

```

\begin{tikzpicture}
[xscale=7/5]
\begin{scope}[yscale=4/80]
\semilog{-1}{4}{-50}{30}
\BodeGraph[red]{-1:4}
{\SOAmpAsymp{5}{0.3}{15}-
\POAmpAsymp{1}{0.01}}
\BodeGraph[smooth,samples=100,
thick]{-1:4}
{\SOAmp{5}{0.3}{15}
-\POAmp{1}{0.01}}
\end{scope}
\begin{scope}
[yshift=-3.5cm,yscale=4/210]
\OrdBode{30}
\semilog{-1}{4}{-180}{10}
\BodeGraph[samples=100,
red,const plot]{-1:4}
{\SOArgAsymp{5}{0.3}{15}
-\POArgAsymp{1}{0.01}}
\BodeGraph[thick]{-1:4}
{\SOArg{5}{0.3}{15}
-\POArg{1}{0.01}}
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

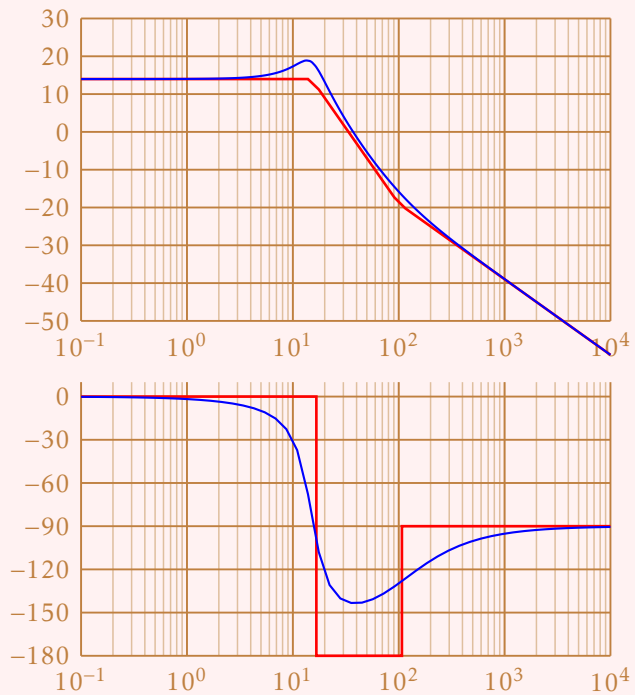


FIGURE 19 – Second ordre généralisé

3 Diagramme de black nichols / black nichols diagram

Ce package permet aussi de tracer les diagrammes de Black avec des commandes analogues à celles utilisées pour les diagrammes de Bode.

This package also allows you to draw Black diagrams with commands similar to those used for Bode diagrams.

3.1 Lieu de Black-Nichols / Black-Nichols locus

Trois commandes (et 3 étoilées) et permettent de tracer et commenter le lieu de Black d'une fonction (fig. ??).

Three commands (and 3 starred) allow to trace and comment the Nichols locus of a function (fig. ??).

- `\BlackGraph[options de trace]{domaine}{argument,module}`
 - `{domaine}` :

c'est le domaine de tracé au sens de GnuPlot, il est conseillé de définir le domaine décade (entière ou non) comme `{-1 :3}`, GnuPlot va tracer la fonction pour ω compris entre 10^{-1} et 10^3 .
 - `{argument,module}` :

la fonction à tracer doit être définie par l'**argument** qui retourne l'argument en $^\circ$ et le **module** qui retourne le module en dB. On peut bien sur utiliser les fonctions définies au dessus pour les diagrammes de Bode pour ces fonctions.
 - `[options de trace]` :

toutes les options tikz pour tracer des fonctions gnuplot. / all of the tikz options to trace gnuplot functions.
- `\BlackGraph*[options de trace]{domaine}{argument,module}{[options]{texte}}`

cette commande permet de rajouter commentaire (nom, référence, équation) à l'extrémité d'un tracé. Les paramètres sont identiques, se rajoute uniquement `{[options]{texte}}`.
- `[options]` :

it's the domain of graph in the sense of GnuPlot, I suggest to define the domain in decades (integer or not) like `{-1 :3}`, GnuPlot will trace the function for ω including between 10^{-1} et 10^3 .

the function to trace must be defined by the **argument** function which returns the argument in $^\circ$, and the **module** function which returns the **module** in dB. You can also use the functions defined on the top for the bode graphs for these functions.

This command allows to add again comments (name, reference, equation) at the bottom of a drawing. Parameters are identical, you only re-add `{[options]{texte}}`.

- ce sont les options d'écriture du texte (couleur, position,...) | these are the options of the writing style of a text (colour, position,...),
- `{texte}`, le texte à écrire entre parenthèses; / text to write between brackets;
 - `\BlackPoint[options]{liste pulsations}{argument,module}` :
 cette commande permet de tracer et noter des points particuliers du graphe, la valeur de la pulsation est placée à côté (droite par défaut). | this command allows to trace and mark specific points of the graph, the pulsation value is placed on the side (on the right by default).
 - `[options]` options de tracé (couleur, id, prefix,...), / tracing options (colour, id, prefix,...),
 - `{liste pulsations}` pulsations en rad/s séparées par une virgule, / beats in rad/s separated by a comma,
 - `{argument,module}` identique à / identical to `\BlackGraph`
 - `\BlackPoint*[options]{liste pulsations}{argument,module}` :
 la version étoilée de la commande précédente permet de choisir la position de chaque texte, comme l'exemple `1/right,10/left,150/above right,....` | starred version of the previous command. It allows to choose the position of each text, like in the example `1/right,10/left,150/above right,....`
 - `\BlackText[options]{pulsation/pos/texte}{argument,module}` :
 cette commande permet de positionner un **texte** par rapport à la courbe définie par `{argument,module}` le texte étant positionné à la pulsation **pulsation**, le paramètre **pos** permet de préciser la position du texte (**right**, **above**, **below left**, ...). Le point est nommé **NBlack**. | this command allows to position a text in relation to the curve defined by `{argument,module}` once the text is positioned at the beat, the parameter **pos** allows to specify the text position (**right**, **above**, **below left**, ...). The point is named **NBlack**.
 - `\BlackText*[options]{pulsation/pos/texte}{argument,module}` :
 cette commande est identique à la précédente mais ne dessine pas de points. | this command is identical to the previous one but it does not draw any points.

3.1.1 Styles par défaut / Default styles

Le tracé du diagramme de Black, de la grille et de l'abaque de Black-Nichols utilise plusieurs styles que vous pouvez modifier, avec la commande `\tikzset`.

The drawing of Nichols plot, grid and Nichols chart use different style you can modify using the command `\tikzset`.

- `Black lines/.style={very thick, blue}` :
style par défaut du tracé du lieu de Black;
style for the drawing of Nyquist's locus;
- `Black grid/.style={ultra thin,brown!50}` :
Style par défaut de la grille (commande `\BlackGrid`);
grid style;
- `Black label points/.style={font=\tiny}` :
style par défaut du label des points marqués (commandes `\BlackPoint` et `\BlackText`);
style used to mark the points on graph;
- `Black label axes/.style={Black grid, font=\tiny}`
style par défaut des axes du diagramme;
style used for the axis;
- `Black abaque mag/.style={gray,ultra thin,dashed,smooth}` :
style par défaut des contours isogains;
default style of isogain contours;
- `Black abaque phase/.style={gray,ultra thin,smooth}` :
style par défaut des contours isoarguments;
default style of isoarguments contours;
- `ref points/.style={circle,draw, black, opacity=0.7,fill, minimum size= 2pt, inner s`
style utilisé pour marquer les points sur le diagramme.
style used to mark points on the diagram.

3.2 Grille et abaque de Black-Nichols / Nichols plot chart and grid

3.3 Exemples / Examples

Sur les figures 20 et 21 sont représentées les fonctions suivantes :

In the figures 20 et 21 the following functions are represented :

$$H_1(p) = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.1}{1500} \cdot p + \frac{p^2}{1500^2}}, \quad H_3(p) = \frac{5}{1 + \frac{2 \cdot 2}{150} \cdot p + \frac{p^2}{150^2}},$$

$$H_2(p) = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.2}{150} \cdot p + \frac{p^2}{150^2}}, \quad H_4(p) = \frac{5}{1 + 3 \cdot p},$$

$$H_5(p) = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.1}{1500} \cdot p + \frac{p^2}{1500^2}} \cdot \frac{0.43 \cdot (1 + 0.0009 \cdot p)^2}{0.0009 \cdot p}$$

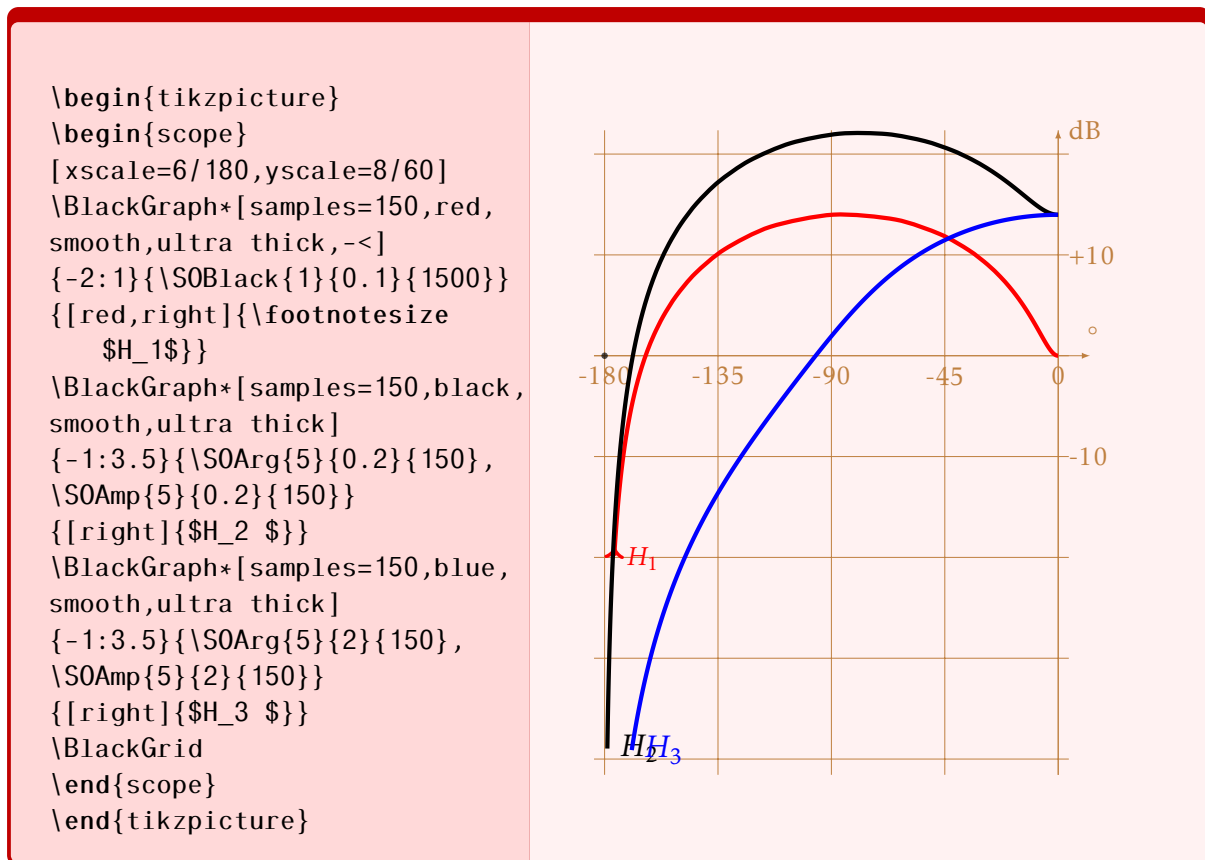


FIGURE 20 – Diagrammes de Black 1

Pour les deux derniers exemples, les courbes ont été graduées en pulsation avec la commande `\BlackPoint` et annotées la commande `\BlackText`.

For the last two examples, the curves were graduated in pulsation with the command `\BlackPoint` and annotated with the command `\BlackText`.

```

\begin{tikzpicture}
\begin{scope}
[xscale=6/180,yscale=8/60]
\BlackGraph[samples=150,blue,
smooth,ultra thick]
{1:5}{\SOArg{1}{0.1}{1500}+
\IntArg{0.43/0.0009}-2*\POArg{1}{0.0009},
\SOAmp{1}{0.1}{1500}+\IntAmp{0.43/0.0009}
-2*\POAmp{1}{0.0009}}
\BlackGraph*[samples=100,purple,smooth]
{-3:2}{\POArg{5}{3},\POAmp{5}{3}}
{[purple!50,right]{\footnotesize
$H_3$}}
\BlackPoint[purple]{0.1,1,3,12,65}
{\POArg{5}{3},\POAmp{5}{3}}
\BlackPoint*[black]{25/right,
80/above right,
500/above,1500/above,4000/right}
{\SOArg{1}{0.1}{1500}+\IntArg{0.43/0.0009}
-2*\POArg{1}{0.0009},\SOAmp{1}{0.1}{1500}+
\IntAmp{0.43/0.0009}-2*\POAmp{1}{0.0009}}
\BlackText[blue]{5000/left/{\normalsize
$H_4$}}
{\SOArg{1}{0.1}{1500}+\IntArg{0.43/0.0009}
-2*\POArg{1}{0.0009},\SOAmp{1}{0.1}{1500}+
\IntAmp{0.43/0.0009}-2*\POAmp{1}{0.0009}}
\BlackGrid
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

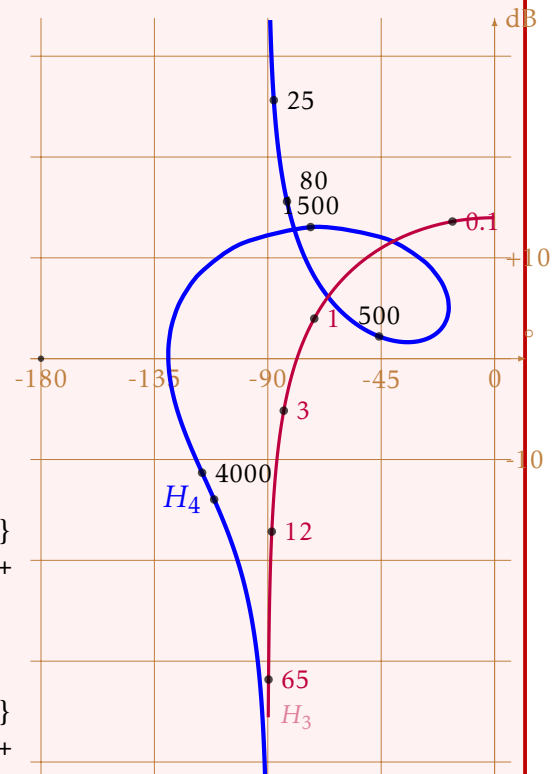


FIGURE 21 – Diagramme de Black

3.3.1 Grille / Grid

Une grille peut aussi être ajoutée avec la commande `\BlackGrid` qui dessine une grille dont le pas horizontal est définie par la variable `\valgridBx` (par défaut 45° que l'on change si on le souhaite par `\def \valgridBx10`, le pas vertical est lui défini par `\valgridBy` (par défaut 10 dB). Cette commande dessine aussi le point critique ($-180^\circ, 0$ dB) et gradue les axes. La commande étoilée `\BlackGrid*`, ne dessine que la grille.

A grid can be added too by the command `\BlackGrid`, which draws a grid whose horizontal step is defined by the variable `\valgridBx` (45° by default, you can change it if you want by `\def \valgridBx10`), vertical step is defined by `\valgridBy` (10 dB by default). This command also draws the critic point ($-180^\circ, 0$ dB) and graduates axis. The starred command `\BlackGrid*` only draws the grid

3.3.2 Abaque de Black-Nichols / Nichols chart

`\AbaqueBlack`

permet de tracer les courbes isomodule et isoargument de l'abaque de Black-Nichols (fig. 22).

allows to trace isomodule curves and isoargument of Nichols chart (figure 17).

Les seules valeurs possibles pour ces courbes de gain et d'argument sont les suivantes :

The only values possible for these curves of gain and argument are the following :

- isomodule, gain en dB : -30, -25, -20, -15, -12, -10, -8, -6, -5, -4, -3, -2, -1, -0.5, -0.2, 0, 0.2, 0.5, 1, 2, 2.3, 3, 4, 5, 6, 8, 10;
- isoargument, en ° : 359, 357, 354, 350, 345, 340, 330, 315, 300, 285, 270, 255, 240, 225, 210, 195, 190, 170, 165, 150, 135, 120, 105, 90, 75, 60, 45, 30, 20, 15, 10, 6, 3, 1.

Deux autres commandes permettent de limiter l'affichage à quelques courbes :

Two other commands allow to limit the display to certain curves :

— `\IsoModule[listedB]`

cette commande permet de tracer uniquement les courbes d'amplitude de la liste **listedB**, par défaut, toutes les courbes sont dessinées.

this command allows to trace only the amplitude curves of the list edB list, all the curves are drawn by default.

— `\IsoArgument[listeddeg]`

cette commande permet de tracer uniquement les courbes d'amplitude de la liste **listeddeg**, par défaut, toutes les courbes sont tracées.

this command allows to trace only the amplitude curves of the **listeddeg** list, all the curves are drawn by default.

Le style des courbes tracées est modifiable à l'aide des deux commandes :

The style of the traced curve can be changed using two commands :

— `\StyleIsoM[couleur,épaisseur, ...]` pour les courbes isomodules. / for the isomodule curves.

— `\StyleIsoA[couleur,épaisseur, ...]` pour les courbes isoarguments. / for the isoargument curves.

Remarque : pour ne pas trop ralentir la compilation, les courbes sont pré-calculées. Elles sont définies dans les deux fichiers **isom.txt** et **isoa.txt** (respectivement pour le module et l'argument). Si vous souhaitez ajouter de nouvelles courbes, il faut les ajouter dans ces fichiers en respectant la syntaxe.

Note : do not slow down the compilation too much, curves are already pre-calculated. They are defined by the files **isom.txt** and **isoa.txt** (respectively for the module and for the argument). If you would like to add new curves, you must add them in the files and using the same syntax.


```

\begin{tikzpicture}
\begin{scope}[xscale=15/360,yscale=11/60]
\BlackGraph[samples=100,purple,smooth][{-1:1}{\IntArg{0.3}+\SOArg{3.9}{0.4}{3},
\IntAmp{0.3}+\SOAmp{3.9}{0.4}{3}}]
\def\valmaxBf{-360}
\StyleIsoM[blue,dashed]
\StyleIsoA[blue]
\AbaqueBlack
\StyleIsoM[blue,thick]
\IsoModule[2.3]
\BlackGrid
\BlackText[black]{2.6/right/{\normalsize $\omega_r \approx 2.6 \sim \text{rad/sec}$}}
{\IntArg{0.3}+\SOArg{3.9}{0.4}{3},
\IntAmp{0.3}+\SOAmp{3.9}{0.4}{3}}]
\end{scope}
\end{tikzpicture}

```

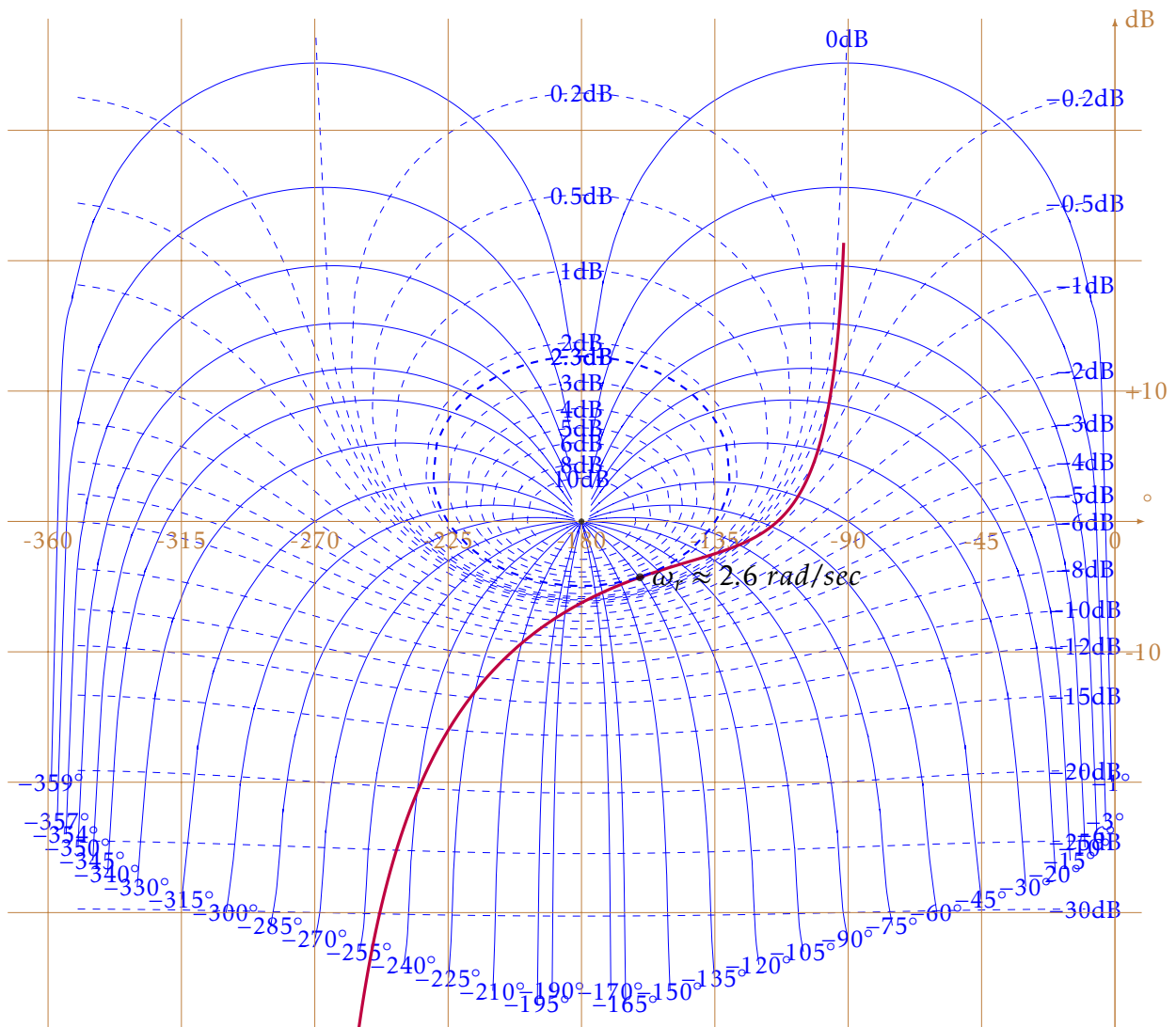


FIGURE 22 – Abaque de Black

4 Diagramme de Nyquist / Nyquist plot

Le package permet aussi de tracer le diagramme de Nyquist (fig. ??) d'une fonction linéaire, le tracé est réalisé à partir de la description polaire de la fonction de transfert $H(i \cdot \omega) = \|H(i \cdot \omega)\| \cdot e^{\arg(H(i \cdot \omega))}$. Cela permet de tracer le diagramme de Nyquist à partir des définitions précédentes du module et de l'argument.

The package also allows to trace Nyquist plot (fig. ??) of a linear function, the drawing is traced out of the polar description of the transfer function $H(i \cdot \omega) = \|H(i \cdot \omega)\| \cdot e^{\arg(H(i \cdot \omega))}$. This allows to trace (fig. ??) Nyquist graph, starting from the previous definitions of module and argument.

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.8]
\begin{scope}
\NyquistGraph[smooth,samples=81]{-1:4}
{\POAmp{3}{0.5}}{\POArg{3}{0.5}}
%\NyquistGraph[purple,smooth,samples=81,]
%{-2:2}{\SOAmp{3}{0.5}{10}}{\SOArg{3}{0.5}{10}}
\NyquistGraph[red,samples=151,smooth,]
{-3:2}{\POAmp{4}{0.5}+\POAmp{1}{2}}
{\POArg{4}{0.5}+\POArg{1}{2}}
\NyquistGraph[green,samples=101,smooth,]
{0.5:2}{\SOAmp{15}{0.5}{10}+\IntAmp{1}}
{\SOArg{15}{0.5}{10}+\IntArg{1}}
\end{scope}
\NyquistGrid
\end{tikzpicture}
```

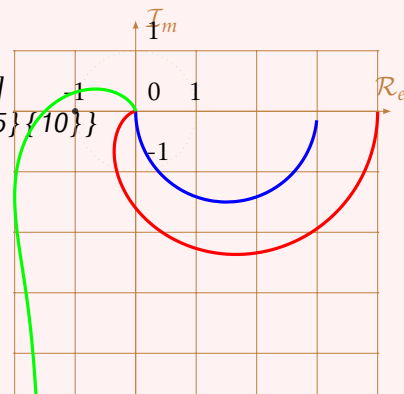


FIGURE 23 – Diagrammes de Nyquist

— `\NyquistGraph[options]{domaine}{Module en dB}{Argument en degre}`

trace donc le lieu de Nyquist de fonctions simples ou de fonctions composées (voir les exemples ci-dessous).

traces Nyquist's locus of simple functions or of compound functions (see the examples below).

— `[options]`

options de tracé

options of drawing

— `{domaine}`

le domaine de tracé doit être défini en décade

domain of drawing must be indicated in decades

— `{Module en dB}`

```

\begin{tikzpicture}[scale=0.8]
\begin{scope}
{\SOArg{15}{0.5}{10}+\IntArg{1}}
\NyquistGraph[black,smooth,]{-1:2}
{\POAmp{4}{0.5}+\RetAmp{1.8}}
{\POArg{4}{0.5}+\RetArg{1.8}}

\NyquistGraph*[black,smooth,samples=2,
only marks,mark=.]{-1:0.3}
{\SOAmp{4}{0.5}+\RetAmp{1.8}}
{\POArg{4}{0.5}+\RetArg{1.8}}{[above]
{\footnotesize $H_3$}}
\NyquistGraph[purple,smooth,samples=81,]
{-2:2}{\SOAmp{3}{0.5}{10}}{\SOArg{3}{0.5}{10}}
\NyquistPoint*[black,]{8/below
right,
10/below left,20/left}
{\SOAmp{3}{0.5}{10}}{\SOArg{3}{0.5}{10}}
\NyquistText[red]{8/below
left/Texte}
{\SOAmp{3}{0.5}{10}}{\SOArg{3}{0.5}{10}}
\end{scope}
\NyquistGrid
\end{tikzpicture}

```

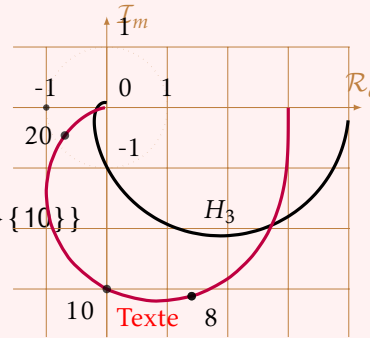


FIGURE 24 – Diagramme de Nyquist

le module doit être écrit en dB, on peut bien sûr utiliser les fonctions élémentaires ci-dessus comme `\POAmp`, `\SOAmp` pour obtenir ce module.

the module must be written in dB, you can also use the basic functions above such as `\POAmp`, `\SOAmp` to obtain the module.

— `{Argument en degre}`

l'argument doit être définie en degré, on peut utiliser les fonctions arguments ci-dessus comme `\POArg`, `\SOArg`.

the argument must be indicated in degrees, you can use the argument functions above such as `\POArg`, `\SOArg`.

— `\NyquistGraph*[options]{domaine}{Module en dB}{Argument en degre}{{options}{texte}}`

cette version étoilée permet de rajouter un commentaire à l'extrémité du tracé.

this allows to add again a comment at the bottom of the drawing.

— `\NyquistPoint[options]{liste pulsations}{Module en dB}{Argument en degre}`

cette commande permet de tracer et noter des points particuliers du graphe, la valeur de la pulsation est placée à côté (droite par défaut).

this command allows to trace and mark specific points of the graph, the pulsation value is placed on the side (on the right side by default).

— `\NyquistPoint*[options]{liste pulsations}{Module en dB}{Argument en degre}`

la version étoilée permet de préciser la position du point.

the starred version allows to specify the point position.

— `\NyquistText[options]{pulsation/pos/text}{Module en dB}{Argument en degre}`

cette commande permet de positionner un **texte** par rapport à la courbe définie par **argument,module** le texte étant positionné à la pulsation **pulsation**, le paramètre **pos** permet de préciser la position du texte (**right, above, below left, ...**). Le point est nommé **NNyquist**.

this command allows to place a **texte** in relation to the curve defined by **argument, module** the text being positioned to the pulsation **pulsation**, **pos** parameter allows to specify the positioning of the text (**right, above, below left, ...**). The point is named **NNyquist**.

— `\NyquistText*[options]{pulsation/pos/text}{Module en dB}{Argument en degre}`

commande identique à la précédente mais le point n'est pas dessiné.

identical command to the previous one, but the point is not drawn.

Une grille peut être ajoutée au tracé par la commande `\NyquistGrid`, par défaut le pas de la grille est de 1 mais peut être réglé avec les deux variables `\valgridNx` et `\valgridNy`. La commande étoilée trace la grille seule sans graduation, la commande simple trace en plus le cercle unitaire, le point critique (-1,0).

You can add a grid to the drawing by the command `\NyquistGrid`, the grid step is 1 by default, but it can be modified using the two variables `\valgridNx` and `\valgridNy`. The starred command traces only the grid without graduation, the simple command traces also the unit circle, the critic point (-1,0).

4.0.1 Styles par défaut / Default style

Comme pour le diagramme de Black, des styles par défaut sont proposés :

— `Nyquist lines/.style={very thick, blue}` :

style pour le tracé du lieu de Nyquist;

style for the drawing of Nyquist's locus;

- `Nyquist grid/.style={ultra thin,brown}` :

style de la grille;	: grid style;
---------------------	---------------

- `Nyquist label axes/.style={Nyquist grid,font=\tiny}` :

style utilisé pour les axes;	style used for the axis;
------------------------------	--------------------------

- `Nyquist label points/.style={font=\tiny}` :

style utilisé pour les points;	style used for the points;
--------------------------------	----------------------------

- `ref points/.style={circle,draw, black, opacity=0.7,fill, minimum size= 2pt, inner s`

style utilisé pour marquer les points sur le diagramme.	style used to mark the points on graph.
---	---

4.1 Quelques exemples de tracé de lieu de Nyquist / Some examples of Nyquist's locus drawing

Sur les deux figures fig. 23 et 24 sont représentées les fonctions suivantes : the following functions are represented on the figure 23 et 24.

- $$H_1(p) = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.1}{1500} \cdot p + \frac{p^2}{1500^2}}$$
- $$H_2(p) = \frac{5}{1 + \frac{2 \cdot 0.2}{150} \cdot p + \frac{p^2}{150^2}}$$
- $$H_3(p) = \frac{5}{1 + 3 \cdot p}$$
- $$H_4(p) = \frac{1}{1} \frac{2 \cdot 0.1}{1500} \cdot p + \frac{p^2}{1500^2} + \frac{0.43 \cdot (1 + 0.0009 \cdot p)^2}{0.0009 \cdot p}$$

5 Réponse temporelle / Time response

fig. 25

- `\RepTemp[options]{domaine}{fonction}`
 trace la fonction, la fonction doit être définie comme une fonction Gnuplot. | traces the function, function must be defined like a gnuplot function.
- `\RepTemp*[options]{domaine}{fonction}{[options]{texte}}`
 trace la fonction et ajoute le texte à l'extrémité. | traces the function and adds the text at the bottom.

```
\begin{tikzpicture}[xscale=5/2,yscale=7/2]
\RepTemp*[color=black,samples=31,
smooth,]{0:1.8}
{-.198*exp(-35.4*x)-.638*exp(-2.28*x)
*cos(18.3*x)
-.462*exp(-2.28*x)*sin(18.3*x)+.833}
{{right}{\small 1}}
\RepTemp*[color=blue,samples=31,smooth]
{0:1.8}{-1.117*exp(-24.1*x)-.883*exp(-2.94*x)
*cos(7.03*x)
-.769*exp(-2.94*x)*sin(7.03*x)}
{{right}{\small 2}}
\def\valmaxx{1.8}
\def\valmaxy{1.2}
\TempGrid[xstep=0.2,ystep=0.2]
\end{tikzpicture}
```

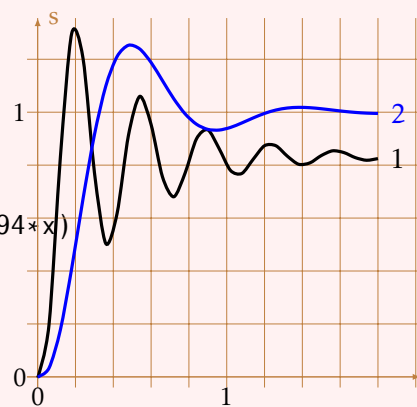


FIGURE 25 – Réponse temporelle

5.1 Styles / Styles

Plusieurs styles sont définis par défaut : | Different styles are defined by default :

- `Temp lines/.style={very thick, blue}` : style du tracé; / style of the drawing;
- `Temp grid/.style={ultra thin,brown!80}` : style de la grille; / grid style;
- `Temp label axes/.style={Temp grid, font=\tiny}` : style des labels des axes; / style of the labels of the axis;
- `Temp label points/.style={font=\tiny}` : style des points marqués. / style of marked points .

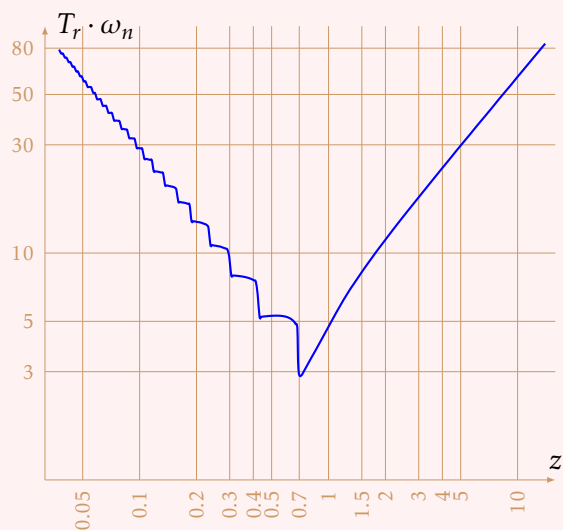
6 Abaques / Abacus

Ces deux dernières commandes permettent de tracer les abaques caractéristiques d'un système du second ordre

These last two commands allow you to draw the characteristic charts of a second order system.

6.1 Temps de réponse d'un second ordre / Second order response time chart

```
\begin{tikzpicture}
[xscale=2.5,yscale=3]
\AbaqueTRsecond
\end{tikzpicture}
```



6.2 Abaque des dépassements indicels / Abacus of index overruns

```
\begin{tikzpicture}
[scale=6/2]
\AbaqueDepassement
\end{tikzpicture}
```

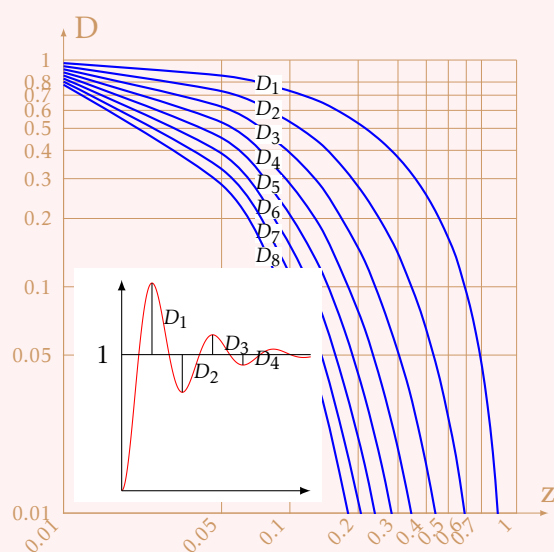


Table des matières

1	Introduction / Introduction	2
1.1	Nécessite / Need	2
1.2	Composition du package / Composition of Package	3
1.3	Utilisation / Use	3
1.4	À faire / To Do	3
2	Les commandes / Commands	3
2.1	Grille semilog / semilog grid	3
2.2	Grille semilog sans graduation / grid without graduation	4
2.3	Paramètres / parameters	5
2.3.1	Style du diagramme	6
2.4	Tracé des diagrammes / Drawing bode graph	7
2.4.1	Commandes / Commands	7
2.4.2	Exemples / Examples	10
2.5	Fonctions de transfert élémentaires préprogrammées / pre-programmed elementary transfer functions	11
2.5.1	Premier ordre / First order	12
2.5.2	Second ordre / Second order	13
2.5.3	Intégrateur / Integrator	14
2.5.4	Gain seul / Gain alone	15
2.5.5	Premier Ordre généralisé / First order generalised	15
2.5.6	Retard / Delay	15
2.5.7	Fonctions inverses / inverse functions	17
2.6	Correcteurs	19
2.6.1	Correcteur Proportionnel Dérivée (PD) / Derived proportional controller (PD)	20
2.6.2	Correcteur à Avance de phase / Advance phase corrector	21
2.6.3	Correcteur à Retard de phase / Phase delay corrector	22
2.6.4	Correcteur proportionnel intégral dérivateur (forme série) PID / proportional integral derivative corrector (series form) (PID)	23
2.7	Fonctions de transfert complexes / Complex functions of transfer	24
2.7.1	Exemples / Examples	24
3	Diagramme de black nichols / black nichols diagram	26
3.1	Lieu de Black-Nichols / Black-Nichols locus	26
3.1.1	Styles par défaut / Default styles	28
3.2	Grille et abaque de Black-Nichols / Nichols plot chart and grid	28
3.3	Exemples / Examples	28
3.3.1	Grille / Grid	30
3.3.2	Abaque de Black-Nichols / Nichols chart	31
4	Diagramme de Nyquist / Nyquist plot	34
4.0.1	Styles par défaut / Default style	36
4.1	Quelques exemples de tracé de lieu de Nyquist / Some examples of Nyquist's locus drawing	37

5	Réponse temporelle / Time response	38
5.1	Styles / Styles	38
6	Abaques / Abacus	39
6.1	Temps de réponse d'un second ordre / Second order response time chart	39
6.2	Abaque des dépassements indiciaires / Abacus of index overruns	39