

L'extension LaTeX `piton` *

F. Pantigny
fpantigny@wanadoo.fr

31 octobre 2022

Résumé

L'extension `piton` propose des outils pour composer du code Python avec une coloration syntaxique en utilisant la bibliothèque Lua LPEG. L'extension `piton` nécessite l'emploi de LuaLaTeX.

1 Présentation

L'extension `piton` utilise la librairie Lua nommée LPEG¹ pour « parser » le code Python et le composer avec un coloriage syntaxique. Comme elle utilise du code Lua, elle fonctionne uniquement avec `lualatex` (et ne va pas fonctionner avec les autres moteurs de compilation LaTeX, que ce soit `latex`, `pdflatex` ou `xelatex`). Elle n'utilise aucun programme extérieur et la compilation ne requiert donc pas `--shell-escape`. La compilation est très rapide puisque tout le travail du parseur est fait par la librairie LPEG, écrite en C.

Voici un exemple de code Python composé avec l'environnement `{Piton}` proposé par `piton`.

```
from math import pi

def arctan(x,n=10):
    """Compute the mathematical value of arctan(x)

    n is the number of terms in the sum
    """
    if x < 0:
        return -arctan(-x) # appel récursif
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)
        (on a utilisé le fait que arctan(x) + arctan(1/x) = pi/2 pour x > 0)2
    else:
        s = 0
        for k in range(n):
            s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
        return s
```

L'extension LaTeX `piton` est entièrement contenue dans le fichier `piton.sty`. Ce fichier peut être placé dans le répertoire courant ou dans une arborescence `texmf`. Le mieux reste néanmoins d'installer `piton` avec une distribution TeX comme MiKTeX, TeX Live ou MacTeX.

*Ce document correspond à la version 0.9 de `piton`, à la date du 2022/10/31.

1. LPEG est une librairie de capture de motifs (*pattern-matching* en anglais) pour Lua, écrite en C, fondée sur les PEG (*parsing expression grammars*) : <http://www.inf.puc-rio.br/~roberto/lpeg/>
2. Cet échappement vers LaTeX a été obtenu en débutant par `##`.

2 Utilisation de l'extension

L'extension `piton` se charge simplement avec la commande `\usepackage : \usepackage{piton}`. On a néanmoins deux remarques à formuler :

- l'extension `piton` utilise l'extension `xcolor` (néanmoins `piton` charge pas `xcolor` : si `xcolor` n'est pas chargée avant le `\begin{document}`, une erreur fatale sera levée) ;
- l'extension `piton` n'est utilisable qu'avec LuaLaTeX : si un autre moteur de compilation (comme `latex`, `pdflatex` ou `xelatex`) est utilisé, une erreur fatale sera levée.

L'extension `piton` fournit trois outils pour composer du code Python : la commande `\piton`, l'environnement `{Piton}` et la commande `\PitonInputFile`.

- La commande `\piton` doit être utilisée pour composer de petits éléments de code à l'intérieur d'un paragraphe. *Attention* : Cette fonction prend son argument en mode *verbatim* (comme la commande `\verb`) et, de ce fait, cette fonction ne peut pas être utilisée à l'intérieur d'un argument d'une autre fonction (on peut néanmoins l'utiliser à l'intérieur d'un environnement).
- L'environnement `{Piton}` doit être utilisé pour composer des codes de plusieurs lignes. Pour les besoins de personnalisation, il est possible de définir de nouveaux environnements similaires à `{Piton}` en utilisant la commande `\NewPitonEnvironment` : cf. partie 3.4 p. 5.
- La commande `\PitonInputFile` doit être utilisée pour insérer et composer un fichier extérieur.

Il est possible de composer des commentaires en LaTeX en commençant par `##` (c'est un échappement vers LaTeX). Les caractères `##` eux-mêmes ne seront pas imprimés et les espaces qui les suivent sont supprimés. Ces commentaires seront simplement appelés « commentaires LaTeX » dans ce document.

3 Personnalisation

3.1 La commande `\PitonOptions`

La commande `\PitonOptions` prend en argument une liste de couples *clé=valeur*. La portée des réglages effectués par cette commande est le groupe TeX courant.³

- La clé `gobble` prend comme valeur un entier positif n : les n premiers caractères de chaque ligne sont alors retirés (avant formatage du code) dans les environnements `{Piton}`. Ces n caractères ne sont pas nécessairement des espaces.
- Quand la clé `auto-gobble` est activée, l'extension `piton` détermine la valeur minimale n du nombre d'espaces successifs débutant chaque ligne (non vide) de l'environnement `{Piton}` et applique `gobble` avec cette valeur de n .
- Quand la clé `env-gobble` est activée, `piton` analyse la dernière ligne de l'environnement, c'est-à-dire celle qui contient le `\end{Piton}` et détermine si cette ligne ne comporte que des espaces suivis par `\end{Piton}`. Si c'est le cas, `piton` calcule le nombre n de ces espaces et applique `gobble` avec cette valeur de n . Le nom de cette clé vient de *environment gobble* : le nombre d'espaces à retirer ne dépend que de la position des délimiteurs `\begin{Piton}` et `\end{Piton}` de l'environnement.
- Avec la clé `line-numbers`, les lignes *non vides* sont numérotées (à gauche) dans les environnements `{Piton}` et dans les listings produits par la commande `\PitonInputFile`.
- Avec la clé `all-line-numbers`, *toutes* les lignes sont numérotées, y compris les lignes vides.
- La clé `left-margin` fixe une marge sur la gauche. Cette clé peut être utile, en particulier, en conjonction avec l'une des clés `line-numbers` et `all-line-numbers` si on ne souhaite pas que les numéros de ligne soient dans une position en débordement sur la gauche. Voir un exemple à la partie 5.1 p. 6.

3. On rappelle que tout environnement LaTeX est, en particulier, un groupe.

- Avec la clé `resume`, le compteur de lignes n'est pas remis à zéro comme il l'est normalement au début d'un environnement `{Piton}` ou bien au début d'un listing produit par `\PitonInputFile`. Cela permet de poursuivre la numérotation d'un environnement à l'autre.
- La clé `splittable` autorise un saut de page dans les environnements `{Piton}` et les listings produits par `\PitonInputFile`.

Nouveau 0.9 On peut donner comme valeur à la clé `splittable` un entier naturel n . Avec une telle valeur, les environnements `{Piton}` et les listings produits par `\PitonInputFile` sont sécables mais aucune coupure ne pourra avoir lieu entre les n premières lignes, ni entre les n dernières. La valeur par défaut de la clé `splittable` vaut en fait 1, qui autorise les sauts de page partout.

- La clé `background-color` fixe la couleur de fond des environnements `{Piton}` et des listings produits par `\PitonInputFile` (ce fond a une largeur égale à la valeur courante de `\linewidth`). Même avec une couleur de fond, les sauts de page sont possibles, à partir du moment où la clé `splittable` est utilisée.⁴

```
\PitonOptions[line-numbers,auto-gobble,background-color = gray!15]
\begin{Piton}
  from math import pi

  def arctan(x,n=10):
      """Compute the mathematical value of arctan(x)

      n is the number of terms in the sum
      """
      if x < 0:
          return -arctan(-x) # appel récursif
      elif x > 1:
          return pi/2 - arctan(1/x)
          ## (on a utilisé le fait que $\arctan(x)+\arctan(1/x)=\pi/2$ pour $x>0$)
      else:
          s = 0
          for k in range(n):
              s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
          return s
\end{Piton}
```

```
1 from math import pi
2 def arctan(x,n=10):
3     """Compute the value of arctan(x)
4
5     n is the number of terms in the sum
6     """
7     if x < 0:
8         return -arctan(-x) # appel récursif
9     elif x > 1:
10        return pi/2 - arctan(1/x)
11        (on a utilisé le fait que arctan(x) + arctan(1/x) = pi/2 pour x > 0)
12    else:
13        s = 0
14        for k in range(n):
15            s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
16        return s
```

4. Avec la clé `splittable`, un environnement `{Piton}` est sécable même dans un environnement de `tcolorbox` (à partir du moment où la clé `breakable` de `tcolorbox` est utilisée). On précise cela parce que, en revanche, un environnement de `tcolorbox` inclus dans un autre environnement de `tcolorbox` n'est pas sécable, même quand les deux utilisent la clé `breakable`.

3.2 L'option `escape-inside`

L'option `escape-inside` doit être utilisée au chargement de `piton` (c'est-à-dire dans l'instruction `\usepackage`). Pour des raisons techniques, elle ne peut pas être fixée dans `\PitonOptions`. Elle prend comme valeur deux caractères qui seront utilisés pour délimiter des parties qui seront composées en LaTeX.

Dans l'exemple suivant, on suppose que l'extension `piton` a été chargée de la manière suivante :

```
\usepackage[escape-inside=$$]{piton}
```

Dans le code suivant, qui est une programmation récursive de la factorielle, on décide de surligner en jaune l'instruction qui contient l'appel récursif.

```
\begin{Piton}
def fact(n):
    if n==0:
        return 1
    else:
        $\colorbox{yellow!50}{\$return n*fact(n-1)\$}$
\end{Piton}

def fact(n):
    if n==0:
        return 1
    else:
        return n*fact(n-1)
```

Attention : L'échappement vers LaTeX permis par les caractères de `escape-inside` n'est pas actif dans les chaînes de caractères ni dans les commentaires (pour avoir un commentaire entièrement en échappement vers LaTeX, c'est-à-dire ce qui est appelé dans ce document « commentaire LaTeX », il suffit de le faire débiter par `##`).

3.3 Les styles

L'extension `piton` fournit la commande `\SetPitonStyle` pour personnaliser les différents styles utilisés pour formater les éléments syntaxiques des listings Python. Ces personnalisations ont une portée qui correspond au groupe TeX courant.⁵

La commande `\SetPitonStyle` prend en argument une liste de couples *clé=valeur*. Les clés sont les noms des styles et les valeurs sont les instructions LaTeX de formatage correspondantes.

Ces instructions LaTeX doivent être des instructions de formatage du type de `\bfseries`, `\slshape`, `\color{...}`, etc. (les commandes de ce type sont parfois qualifiées de *semi-globales*). Il est aussi possible de mettre, à la fin de la liste d'instructions, une commande LaTeX prenant exactement un argument.

Voici un exemple qui change le style utilisé pour le nom d'une fonction Python, au moment de sa définition (c'est-à-dire après le mot-clé `def`).

```
\SetPitonStyle
{ Name.Function = \bfseries \setlength{\fboxsep}{1pt}\colorbox{yellow!50} }
```

Dans cet exemple, `\colorbox{yellow!50}` doit être considéré comme le nom d'une fonction LaTeX qui prend exactement un argument, puisque, habituellement, elle est utilisée avec la syntaxe `\colorbox{yellow!50}{text}`.

5. On rappelle que tout environnement LaTeX est, en particulier, un groupe.

Avec ce réglage, on obtient : `def cube(x) : return x * x * x`

Les différents styles sont décrits dans la table 1. Les réglages initiaux effectués par `piton` dans `piton.sty` sont inspirés par le style `manni` de `Pygments`.⁶

TABLE 1 – Les styles proposés par `piton`

Style	Usage
<code>Number</code>	les nombres
<code>String.Short</code>	les chaînes de caractères courtes (entre ' ou ")
<code>String.Long</code>	les chaînes de caractères longues (entre ''' ou """) sauf les chaînes de documentation
<code>String</code>	cette clé fixe à la fois <code>String.Short</code> et <code>String.Long</code>
<code>String.Doc</code>	les chaînes de documentation (seulement entre """ suivant PEP 257)
<code>String.Interpol</code>	les éléments syntaxiques des champs des f-strings (c'est-à-dire les caractères {et })
<code>Operator</code>	les opérateurs suivants : != == << >> - ~ + / * % = < > & . @
<code>Operator.Word</code>	les opérateurs suivants : in, is, and, or et not
<code>Name.Builtin</code>	la plupart des fonctions prédéfinies par Python
<code>Name.Function</code>	le nom des fonctions définies par l'utilisateur <i>au moment de leur définition</i> , c'est-à-dire après le mot-clé <code>def</code>
<code>Name.Decorator</code>	les décorateurs (instructions débutant par @)
<code>Name.Namespace</code>	le nom des modules (= bibliothèques extérieures)
<code>Name.Class</code>	le nom des classes au moment de leur définition, c'est-à-dire après le mot-clé <code>class</code>
<code>Exception</code>	le nom des exceptions prédéfinies (eg : <code>SyntaxError</code>)
<code>Comment</code>	les commentaires commençant par #
<code>Comment.LaTeX</code>	les commentaires commençant par ## qui sont composés en LaTeX par <code>piton</code> (et appelés simplement « commentaires LaTeX » dans ce document)
<code>Keyword.Constant</code>	<code>True</code> , <code>False</code> et <code>None</code>
<code>Keyword</code>	les mots-clés suivants : <code>assert</code> , <code>break</code> , <code>case</code> , <code>continue</code> , <code>del</code> , <code>elif</code> , <code>else</code> , <code>except</code> , <code>exec</code> , <code>finally</code> , <code>for</code> , <code>from</code> , <code>global</code> , <code>if</code> , <code>import</code> , <code>lambda</code> , <code>non local</code> , <code>pass</code> , <code>raise</code> , <code>return</code> , <code>try</code> , <code>while</code> , <code>with</code> , <code>yield</code> , <code>yield from</code> .

3.4 Définition de nouveaux environnements

Comme l'environnement `{Piton}` a besoin d'absorber son contenu d'une manière spéciale (à peu près comme du texte verbatim), il n'est pas possible de définir de nouveaux environnements directement au-dessus de l'environnement `{Piton}` avec les commandes classiques `\newenvironment` et `\NewDocumentEnvironment`.

C'est pourquoi `piton` propose une commande `\NewPitonEnvironment`. Cette commande a la même syntaxe que la commande classique `\NewDocumentEnvironment`.

Par exemple, avec l'instruction suivante, un nouvel environnement `{Python}` sera défini avec le même comportement que l'environnement `{Piton}` :

```
\NewPitonEnvironment{Python}{-}{-}
```

Si on souhaite un environnement `{Python}` qui prenne en argument optionnel entre crochets les clés de `\PitonOptions`, on peut écrire :

```
\NewPitonEnvironment{Python}{0}{\PitonOptions{#1}}{-}
```

6. Voir <https://pygments.org/styles/>. À remarquer que, par défaut, `Pygments` propose pour le style `manni` un fond coloré dont la couleur est la couleur HTML `#F0F3F3`.

Si on souhaite un environnement `{Python}` qui compose le code inclus dans une boîte de `tcolorbox`, on peut écrire :

```
\NewPitonEnvironment{Python}{}
  {\begin{tcolorbox}}
  {\end{tcolorbox}}
```

4 Fonctionnalités avancées

4.1 Notes de pied de page dans les environnements de piton

Si vous voulez mettre des notes de pied de page dans un environnement de `piton` (ou bien dans un listing produit par `\PitonInputFile`, bien que cela paraisse moins pertinent dans ce cas-là) vous pouvez utiliser une paire `\footnotemark–\footnotetext`.

Néanmoins, il est également possible d'extraire les notes de pieds de page avec l'extension `footnote` ou bien l'extension `pkgfootnotehyper`.

Si `piton` est chargée avec l'option `footnote` (avec `\usepackage[footnote]{piton}`) l'extension `footnote` est chargée (si elle ne l'est pas déjà) et elle est utilisée pour extraire les notes de pied de page.

Si `piton` est chargée avec l'option `footnotehyper`, l'extension `footnotehyper` est chargée (si elle ne l'est pas déjà) et elle est utilisée pour extraire les notes de pied de page.

Attention : Les extensions `footnote` et `footnotehyper` sont incompatibles. L'extension `footnotehyper` est le successeur de l'extension `footnote` et devrait être utilisée préférentiellement. L'extension `footnote` a quelques défauts ; en particulier, elle doit être chargée après l'extension `xcolor` et elle n'est pas parfaitement compatible avec `hyperref`.

Dans ce document, l'extension `piton` a été chargée avec l'option `footnotehyper` et c'est pourquoi des notes peuvent être mises dans les environnements `{Piton}` : voir un exemple sur la première page de ce document.

4.2 Tabulations

Nouveau 0.9 Même s'il est recommandé d'indenter les listings Python avec des espaces (cf. PEP 8), `piton` accepte les caractères de tabulations (U+0009) en début de ligne. Chaque caractère U+0009 est remplacé par n espaces. La valeur initiale de n est 4 mais on peut la changer avec la clé `tab-size` de `\PitonOptions`.

5 Exemples

5.1 Numérotation des lignes

On rappelle que l'on peut demander la numérotation des lignes des listings avec la clé `line-numbers` ou la clé `all-line-numbers`.

Par défaut, les numéros de ligne sont composés par `piton` en débordement à gauche (en utilisant en interne la commande `\llap` de LaTeX).

Si on ne veut pas de débordement, il faut réserver une place à gauche pour les numéros de lignes avec la clé `left-margin`.

```
\PitonOptions{background-color=gray!10, left-margin = 5mm, line-numbers}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)      ## (appel récursif)
```

```

elif x > 1:
    return pi/2 - arctan(1/x) ## (autre appel récursif)
else:
    return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
\end{Piton}

```

```

1 def arctan(x,n=10):
2     if x < 0:
3         return -arctan(-x)          (appel récursif)
4     elif x > 1:
5         return pi/2 - arctan(1/x) (autre appel récursif)
6     else:
7         return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )

```

5.2 Formatage des commentaires LaTeX

On peut modifier le style `Comment.LaTeX` (avec `\SetPitonStyle`) pour faire afficher les commentaires LaTeX (qui débutent par `##`) en butée à droite.

```

\PitonOptions{background-color=gray!10}
\SetPitonStyle{Comment.LaTeX = \hfill \normalfont\color{gray}}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)          ## appel récursif
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x) ## autre appel récursif
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
\end{Piton}

```

```

def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)          appel récursif
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)   autre appel récursif
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )

```

On peut aussi faire afficher les commentaires dans une deuxième colonne à droite si on limite la largeur du code proprement dit avec un environnement `{minipage}` de LaTeX.

```

\PitonOptions{background-color=gray!10}
\NewDocumentCommand{\MyLaTeXCommand}{m}{\hfill \normalfont\itshape\rlap{\quad #1}}
\SetPitonStyle{Comment.LaTeX = \MyLaTeXCommand}
\begin{minipage}{12cm}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)          ## appel récursif
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x) ## autre appel récursif
    else:
        s = 0
        for k in range(n):
            s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
        return s
\end{Piton}
\end{minipage}

```

```

def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)
    else:
        s = 0
        for k in range(n):
            s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
        return s

```

appel récursif

autre appel récursif

5.3 Notes dans les listings

Pour pouvoir extraire les notes (introduites par `\footnote`), l'extension `piton` doit être chargée, soit avec la clé `footnote`, soit avec la clé `footnotehyper`, comme expliqué à la section 4.1 p. 6. Dans le présent document, l'extension `piton` a été chargée par la clé `footnotehyper`.

Bien entendu, une commande `\footnote` ne peut apparaître que dans un commentaire LaTeX (qui débute par `##`). Un tel commentaire peut se limiter à cette unique commande `\footnote`, comme dans l'exemple suivant.

```

\PitonOptions{background-color=gray!10}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)##\footnote{Un premier appel récursif.}]
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)##\footnote{Un deuxième appel récursif.}]
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
\end{Piton}

```

```

def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)7
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)8
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )

```

Si on utilise l'environnement `{Piton}` dans un environnement `{minipage}` de LaTeX, les notes sont, bien entendu, composées au bas de l'environnement `{minipage}`. Rappelons qu'une telle `{minipage}` ne peut être coupée par un saut de page.

```

\PitonOptions{background-color=gray!10}
\emphase\begin{minipage}{\linewidth}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)##\footnote{Un premier appel récursif.}]
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)##\footnote{Un deuxième appel récursif.}]
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
\end{Piton}
\end{minipage}

```

7. Un premier appel récursif.

8. Un deuxième appel récursif.

```
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)a
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)b
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
```

-
- a. Un premier appel récursif.
b. Un deuxième appel récursif.

Si on encapsule l'environnement `{Piton}` dans un environnement `{minipage}` pour, typiquement, limiter la largeur d'un fond coloré, il faut encadrer l'ensemble dans un environnement `{savenotes}` (de footnote ou footnotehyper) si on veut avoir les notes reportées en pied de page.

```
\PitonOptions{background-color=gray!10}
\begin{savenotes}
\begin{minipage}{13cm}
\begin{Piton}
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)##\footnote{Un premier appel récursif.}
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)##\footnote{Un deuxième appel récursif.}
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
\end{Piton}
\end{minipage}
\end{savenotes}
```

```
def arctan(x,n=10):
    if x < 0:
        return -arctan(-x)9
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)10
    else:
        return sum( (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1) for k in range(n) )
```

5.4 Un exemple de réglage des styles

Les styles graphiques ont été présentés à la partie 3.3, p. 4.

On présente ici un réglage de ces styles adapté pour les documents en noir et blanc. On l'utilise avec la fonte *DejaVu Sans Mono*¹¹ spécifiée avec la commande `\setmonofont` de `fontspec`.

```
\setmonofont[Scale=0.85]{DejaVu Sans Mono}

\SetPitonStyle
{
    Number = ,
    String = \itshape ,
    String.Doc = \color{gray} \itshape ,
    Operator = ,
    Operator.Word = \bfseries ,
    Name.Builtin = ,
```

-
9. Un premier appel récursif.
10. Un deuxième appel récursif.
11. Voir : <https://dejavu-fonts.github.io>

```

Name.Function = \bfseries \colorbox{gray!20} ,
Comment = \color{gray} ,
Comment.LaTeX = \normalfont \color{gray},
Keyword = \bfseries ,
Name.Namespace = ,
Name.Class = ,
Name.Type = ,
InitialValues = \color{gray}
}

```

```

from math import pi

```

```

def arctan(x,n=10):
    """Compute the mathematical value of arctan(x)

    n is the number of terms in the sum
    """
    if x < 0:
        return -arctan(-x) # appel récursif
    elif x > 1:
        return pi/2 - arctan(1/x)
        (on a utilisé le fait que arctan(x) + arctan(1/x) = pi/2 pour x > 0)
    else:
        s = 0
        for k in range(n):
            s += (-1)**k/(2*k+1)*x**(2*k+1)
        return s

```

Autre documentation

Le document `piton.pdf` (fourni avec l'extension `piton`) contient une traduction anglaise de la documentation ici présente, ainsi que le code source commenté et un historique des versions.