

Le système Sage

Jean-Pierre Flori

Support partiellement repris de Nicolas M. Thiéry, Franco Saliola, Florent Hivert, Dan Drake,
William Stein, ...

ANSSI

Groupe d'utilisateurs de Sage en région parisienne, 14/02/2013



Outline

- 1 Sage?
- 2 Liberté !
- 3 Communauté
- 4 Modèle de développement
- 5 Cerises sur le gâteau
- 6 Sage et LaTeX

Sage?

La mission de Sage

« *Créer une alternative libre et viable à MapleTM,
MathematicaTM, MagmaTM et MATLABTM*

...

La mission de Sage

« Créer une alternative libre et viable à MapleTM,
MathematicaTM, MagmaTM et MATLABTM

...

et une communauté accueillante d'utilisateurs et de
développeurs»

Principes fondateurs de Sage

- Développé par des enseignants et chercheurs pour des enseignants et chercheurs
- Entièrement libre (GPL)

Principes fondateurs de Sage

- Développé par des enseignants et chercheurs pour des enseignants et chercheurs
- Entièrement libre (GPL)
- « Construire la voiture, plutôt que de réinventer la roue »
 - ATLAS, GAP, Linbox, Maxima, MPFR, MPIR, PARI/GP, NetworkX, NTL, Numpy/Scipy, Singular, Symmetrica, ...
 - Langage de programmation standard (Python)

Principes fondateurs de Sage

- Développé par des enseignants et chercheurs pour des enseignants et chercheurs
- Entièrement libre (GPL)
- « Construire la voiture, plutôt que de réinventer la roue »
 - ATLAS, GAP, Linbox, Maxima, MPFR, MPIR, PARI/GP, NetworkX, NTL, Numpy/Scipy, Singular, Symmetrica, ...
 - Langage de programmation standard (Python)
- Modèle de développement type «Bazar»
- Prosélytisme actif

Sage Demo

Démo !

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

ATLAS	Automatically Tuned Linear Algebra Software
BLAS	Basic Fortran 77 linear algebra routines
Boehm GC	Garbage collector
Boost	C++ libraries
Bzip2	High-quality data compressor
Cddlib	Double Description Method of Motzkin
Cephes	Special functions and other goodies in C
CVXOPT	Convex optimization, linear programming, least squares
Cliquer	Find cliques in arbitrary graphs
Cython	C-Extensions for Python
Docutils	Modular system for processing documentation
ECL	An implementation of the Common Lisp Language.
ECLib	Cremona's Programs for Elliptic curves

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

FFLAS-FFPACK	Fast linear algebra over word-size finite field
FLINT	Fast Library for Number Theory
FLINTqs	Quadratic sieve based on FLINT
FpLLL	Euclidian lattice reduction
FreeType	A Free, High-Quality, and Portable Font Engine
GAP	Groups, Algorithms, Programming
GCC	GNU Compiler Collection
GD	Dynamic graphics generation tool
GDmodule	Interface to GD
Genus2reduction	Curve data computation
Gfan	Gröbner fans and tropical varieties
Givaro	C++ library for arithmetic and algebra
GLPK	Solving large-scale LP, MIP, and other problems

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

GMP-ECM	Elliptic Curve Method for Integer Factorization
GSL	Gnu Scientific Library
Iconv	Enable different languages
IML	Integer Matrix Library
IPython	Interactive Python shell
Jinja	Template engine for Python
Jmol	Molecule viewer
LAPACK	Linear Algebra PACKage
Lcalc	L-functions calculator
LRCalc	Littlewood-Richardson Calculator
Linbox	C++ linear algebra library
M4RI	Matrix multiplication and more over $GF(2)$
M4RIE	Matrix multiplication and more over $GF(2^k)$

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

Matplotlib	Python plotting library
Maxima	computer algebra system
Mercurial	Revision control system
MPC	Arithmetic of complex numbers
MPFI	Multiple Precision Floating-point Interval library
MPFR	C library for multiple-precision floating-point computations
MPIR	Multiprecision integer library derived from GMP
Mpmath	Python library for multiprecision FP arithmetic
NetworkX	Graph theory
NTL	Number theory C++ library
Numpy	Numerical linear algebra
OpenCDK	Open Crypto Development Kit
PALP	A Package for Analyzing Lattice Polytopes

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

PARI/GP	Number theory calculator
Patch	Apply diff files
Pexpect	Pseudo-tty control for Python
PIL	Power image processing and graphic capabilities
PNG	Bitmap image support
PolyBoRi	Polynomials Over Boolean Rings
PPL	Parma Polyhedra Library
PyCrypto	Python Cryptography Toolkit
Pygments	Syntax highlighting for Python
Pynac	Symbolic calculus
Python	Interpreted language
R	Statistical Computing
Ratpoints	Search for rational points on hyperelliptic curves

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

Readline	Line-editing
Rpy	Python interface to R
Rubiks	Rubik's cubes
SageNB	A web-based interface
SageTeX	Embed Sage code and results into LaTeX documents
Scipy	Python library for scientific computation
Scons	Software construction tool
Setuptools	Enhancements to Python's distutils
Singular	Fast commutative and noncommutative algebra
Sphinx	Create intelligent and beautiful documentation
SQLAlchemy	Python SQL toolkit
SQLite	Relation database
Symmetrica	Representation theory

Sage est une distribution de logiciels libres

Logiciels inclus dans Sage :

Sympow	L-function calculator
Sympy	Python library for symbolic computation
Tachyon	lightweight 3d ray tracer
Termcap	for writing portable text mode applications
Zlib	Data compression library
ZNpoly	Polynomial arithmetic in $Z/nZ[x]$
ZODB	Object-oriented database

Sage est une *distribution* de logiciels libres

Des bases de données :

Conway polynomials	Database of Conway polynomials
Elliptic curves	Elliptic curves database
Graphs	Graphs database
Polytopes	Database of polytopes

Sage est une *distribution* de logiciels libres

Des bases de données :

Conway polynomials	Database of Conway polynomials
Elliptic curves	Elliptic curves database
Graphs	Graphs database
Polytopes	Database of polytopes

... et bien plus encore!

Sage est une distribution de logiciels mathématiques

Arithmétique en précision arbitraire

Algèbre

Géométrie algébrique

Géométrie arithmétique

Calcul symbolique

Algèbre linéaire exacte

Algèbre linéaire numérique

Combinatoire

Théorie des graphes

Théorie des groupes

GMP, MPFR, MPFI, NTL, ...

GAP, Maxima, Singular

Singular, Macaulay2 (optionel)

PARI, NTL, mwrnk, ecm, ...

Maxima, Sympy

Linbox, IML

GSL, Scipy, Numpy

Symmetrca, Lrcalc, PALP, ...

NetworkX, graphviz (optionel)

GAP

... et bien d'autres!

Sage est une distribution de logiciels mathématiques

```
> sage -gap
```

```
/-----\   GAP, Version 4.5.7 of 14-Dec-2012 (free software, GPL)
|  GAP  |   http://www.gap-system.org
\-----/   Architecture: x86_64-unknown-linux-gnu-gcc-default64
Libs used:  gmp, readline
Loading the library and packages ...
Packages:   GAPDoc 1.5.1
Try '?help' for help. See also  '?copyright' and  '?authors'
gap>
```

Sage est une distribution de logiciels mathématiques

```
> sage -singular
```

```
                SINGULAR                               /  Development
A Computer Algebra System for Polynomial Computations /  version 3-1-5
                                                    0<
by: W. Decker, G.-M. Greuel, G. Pfister, H. Schoenemann \  Jul 2012
FB Mathematik der Universitaet, D-67653 Kaiserslautern  \
>
```

Sage est une distribution de logiciels mathématiques

```
> sage -maxima
```

```
Maxima 5.29.1 http://maxima.sourceforge.net  
using Lisp ECL 12.12.1  
Distributed under the GNU Public License. See the file COPYING.  
Dedicated to the memory of William Schelter.  
The function bug_report() provides bug reporting information.  
(%i1)
```

Sage est une distribution de logiciels *mathématiques*

```
> sage -gp
```

```
GP/PARI CALCULATOR Version 2.5.3 (development git-6fd07f9)
amd64 running linux (x86-64/GMP-5.0.2 kernel) 64-bit version
compiled: Feb 11 2013, gcc-4.6.3 (Ubuntu/Linaro 4.6.3-1ubuntu5)
(readline v6.2 enabled, extended help enabled)
```

```
Copyright (C) 2000-2011 The PARI Group
```

```
PARI/GP is free software, covered by the GNU General Public License, and comes
WITHOUT ANY WARRANTY WHATSOEVER.
```

```
Type ? for help, \q to quit.
```

```
Type ?12 for how to get moral (and possibly technical) support.
```

```
parisize = 80000000, primelimit = 500509
```

```
?
```

Sage est une distribution de logiciels mathématiques

```
> sage -R
```

```
R version 2.15.2 (2012-10-26) -- "Trick or Treat"  
Copyright (C) 2012 The R Foundation for Statistical Computing  
ISBN 3-900051-07-0  
Platform: x86_64-unknown-linux-gnu (64-bit)
```

```
R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.  
You are welcome to redistribute it under certain conditions.  
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.
```

```
R is a collaborative project with many contributors.  
Type 'contributors()' for more information and  
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.
```

```
Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or  
'help.start()' for an HTML browser interface to help.  
Type 'q()' to quit R.
```

```
>
```


Sage combine la puissance de multiples logiciels

Demo!

Sage contient une *bibliothèque native*

Sage contient aussi du *code original*
offrant de nouvelles fonctionnalités,
disponibles nulle part ailleurs.

- environ 1219897 lignes de code
- environ 3310 classes
- environ 32750 fonctions
- contenu mathématique riche: catégories, combinatoire, graphes, théorie des nombres, ...
- De nombreux algorithmes exclusifs

Sage offrent différentes interfaces

- une interface en ligne de commande utilisant iPython
- une interface graphique utilisant un serveur web
- les Sage cells

> sage

```
-----  
| Sage Version 5.7.beta4, Release Date: 2013-02-09           |  
| Type "notebook()" for the browser-based notebook interface. |  
| Type "help()" for help.                                   |  
-----  
*****  
*                                                                 *  
* Warning: this is a prerelease version, and it may be unstable. *  
*                                                                 *  
*****  
sage:
```

Sage est portable

Versions natives de Sage pour :

- La plupart des Linux
- Solaris (32 bits)
- FreeBSD?
- Mac OS X (most versions)

Mais aussi utilisable sous Windows

- en se connectant à un serveur Sage
- à l'aide d'une machine virtuelle
- *Nouveauté*: sous Cygwin

Mini historique de Sage

- *1999-2005*: William Stein écrit plus de 25,000 lignes de code Magma pour sa recherche. Il réalise que c'est un mauvais investissement à long terme car il ne peut ni voir ni changer l'intérieur de Magma.
- *Fev. 2005*: Sage 0.1, une bibliothèque Python liant ensemble PARI, Maxima, Python, Singular, GAP.

Mini historique de Sage

- *1999-2005*: William Stein écrit plus de 25,000 lignes de code Magma pour sa recherche. Il réalise que c'est un mauvais investissement à long terme car il ne peut ni voir ni changer l'intérieur de Magma.
- *Fev. 2005*: Sage 0.1, une bibliothèque Python liant ensemble PARI, Maxima, Python, Singular, GAP.
- *Fev. 2006*: Sage 1.0
Sage Days 1, San Diego, 10 participants?

Mini historique de Sage

- *1999-2005*: William Stein écrit plus de 25,000 lignes de code Magma pour sa recherche. Il réalise que c'est un mauvais investissement à long terme car il ne peut ni voir ni changer l'intérieur de Magma.
- *Fev. 2005*: Sage 0.1, une bibliothèque Python liant ensemble PARI, Maxima, Python, Singular, GAP.
- *Fev. 2006*: Sage 1.0
Sage Days 1, San Diego, 10 participants?
- *Fev. 2010*: Sage 4.4.2
Sage Days 20, Luminy (France), 120 participants
- *Mai 2012*: Sage 5.0
Mac OSX Lion support
- *Version actuelle*: Sage 5.6
- Quelques (dizaines de ?) milliers d'utilisateurs?

Sage est encore jeune!

Sage a:

- des **bogues**
- des **incohérences**
- des **domaines vierges ou non documentées**

Sage manque:

- de support natif sous Windows
- de paquet fonctionnel sous Debian / Ubuntu / ...
- d'une bonne modularisation

Liberté!

Sage est entièrement libre

“You can read Sylow’s Theorem and its proof in Huppert’s book in the library ... then you can use Sylow’s Theorem for the rest of your life free of charge, but for many computer algebra systems license fees have to be paid regularly

With this situation two of the most basic rules of conduct in mathematics are violated: In mathematics information is passed on free of charge and everything is laid open for checking.”

*— J. Neubüser (1993)
(started GAP in 1986)*

Liberté d'exécution

En tout lieu, pour tout usage, dans les seules limites de la loi.

Liberté de redistribution de copies

Inclut la liberté de *vendre* des copies!

Intérêt:

- Simplicité administrative et technique
- Utilisation par les étudiants chez eux
- Calcul distant, déploiement à large échelle
- Partage de vos programmes, feuilles de travail

- Non discrimination
- Libre accès aux non académiques
- Pays en voie de développement

Liberté d'étude du fonctionnement

Logiciel *ouvert*: accès au code source

Intérêt:

- Enseignement
- Diffusion de la science
- D'autant plus utile que le code est *expressif*
- Reproductibilité des résultats scientifiques
- Vérification des démonstrations
- Maîtrise des hypothèses, modèles et algorithmes
- Analyse de bogues ou de comportements surprenants

Liberté d'améliorer et de publier ses améliorations

Intérêt:

- Adaptation aux besoins locaux (langue, terminologie métier)
- Développements spécifiques

Communauté

La communauté Sage dans le monde



La communauté Sage

sites web

`http://www.sagemath.org/`

`http://www.sagemath.fr/`

`http://ask.sagemath.org/`

listes de diffusion

`sage-support: support`

`sage-devel: développement`

`sage-release: gestion des distributions`

`sage-algebra: algèbre`

`sage-combinat-devel: combinatoire`

`sage-nt: théorie des nombres`

`sage-padics: p-adiques`

`sage-edu: enseignement`

`...: et bien d'autres !`

IRC

`#sagemath on freenode.net`

Journées Sage en 2010

- Sage Days 19: Seattle, WA (January 2010)
- Sage Days 20: Marseille (February 2010)
- Sage Days 20.25: Montreal (March 2010)
- Sage Days 20.5: Fields Institute (May 2010)
- Sage Days 21: Seattle, WA (June 2010)
- Sage-Combinat/Chevie Workshop: France (June 2010)
- Sage Days 22: Berkeley, CA (July 2010)
- Sage Days 23: Leiden, Netherlands (July 2010)
- Sage Days 23.5: Kaiserslautern, Germany (July 2010)
- Sage Days 24: Linz, Austria (July 2010)
- Sage Days 25: Mumbai, India (August 2010)
- Sage Days 25.5 Montréal, Canada (September 2010)
- Sage Days 26 Seattle, Washington (December 7-10, 2010)

Journées Sage en 2011

- Joint Math Meetings: New Orleans, LA (January)
- Sage Days 27: Seattle, WA (January)
- Sage Days 28: Orsay, France (January)
- Sage Days 29: Seattle, WA (March)
- Sage Days 30: Wolfville, NS (May)
- Sage Days 31: Seattle, WA (June)
- Sage Education Days 3: Seattle, WA (June)
- Sage Bug Fix Days 32: Seattle, WA (August)
- Sage Days 33: Seattle, WA (September); Women in Sage
- Sage Singular Days 34: Kaiserslautern, Germany (September)
- Sage Days 34.5: Bobo Dioulasso, Burkina Faso (October)
- Sage Flint Days 35: Warwick UK (December)

Journées Sage en 2012



2013: Edinburgh, Madison, Brown, Hawaii, Portland, Seattle, Paris, Leiden, Melbourne, ...

Quelques livres libres

- *Calcul Mathématique avec Sage*

Alexandre Casamayou, Guillaume Connan
Thierry Dumont, Laurent Fousse
François Maltey, Matthias Meulien
Marc Mezzarobba, Clément Pernet
Nicolas M. Thiéry, Paul Zimmermann

<http://sagebook.gforge.inria.fr/>
July 2010: 1.0 online 2012: printed

Follow up to: *Calcul formel, mode d'emploi*

Dumas, Gomez, Salvy, Zimmermann

- *The Sage tutorial*: <http://www.sagemath.org/doc>
David Joyner, William Stein et al.

- *A First Course in Linear Algebra*: <http://linear.ups.edu>
Robert Beezer

Sage et enseignement en France

- <http://sagemath-edu.fr/wiki/>
- Utilisation à large échelle à Lyon, Strasbourg
- *Nouveauté*: Sage accepté à l'oral de l'agreg 2012!

Modèle de développement

Le langage de programmation de Sage est Python

Python est un langage de programmation multiparadigme interprété.

- Facile à utiliser comme une calculatrice :

```
python: x = 17
python: x
17
python: 3*x
51
```

- Facile à lire et à écrire :

```
math: { 17x | x ∈ {0, 1, ..., 9} and x is odd }
python: { 17*x for x in range(10) if x%2 == 1 }
```

Le langage de programmation de Sage est Python

Python est un langage largement utilisé:

- Un des 5 principaux langages de programmation avec des millions de programmeurs
- *“Google has made no secret of the fact they use Python a lot for a number of internal projects. Even knowing that, once I was an employee, I was amazed at how much Python code there actually is in the Google source code system.”*
— Guido van Rossum (créateur de Python)
- Beaucoup de *bibliothèques* pour Python: base de données, graphiques, réseau, calcul parallèle...
- Facile d'interfacer des *bibliothèques C/C++/Fortran* avec Python.
- *Cython*: code Python \longleftrightarrow code C
- Python is becoming a major platform for scientific computing

Cycle de développement

Centre de développement Sage

<http://trac.sagemath.org/>

Tickets et patches

Exemples: #8154, #8890

Release cycle

Nouvelles versions toutes les deux mois environ

Cerises sur le gâteau

Sage as a Python library

script.py:

```
from sage.all import *  
  
x = var('x')  
f = x**2 + 3*x + 1  
print diff(f, x)
```

execution and output:

```
> sage -python script.py  
2*x + 3
```

On peut utiliser Sage avec \LaTeX

dans \LaTeX :

Voilà un arbre:

```
\sageplot{Graph({0:[1,2,3], 2:[4,5]}).plot()}
```

On peut utiliser Sage avec \LaTeX

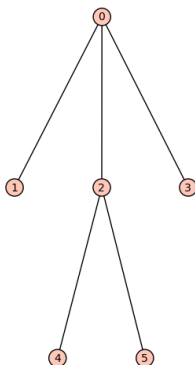
dans \LaTeX :

Voilà un arbre:

```
\sageplot{Graph({0:[1,2,3], 2:[4,5]}).plot()}
```

dans le document:

Voilà un arbre:



On peut utiliser Sage avec \LaTeX

dans \LaTeX :

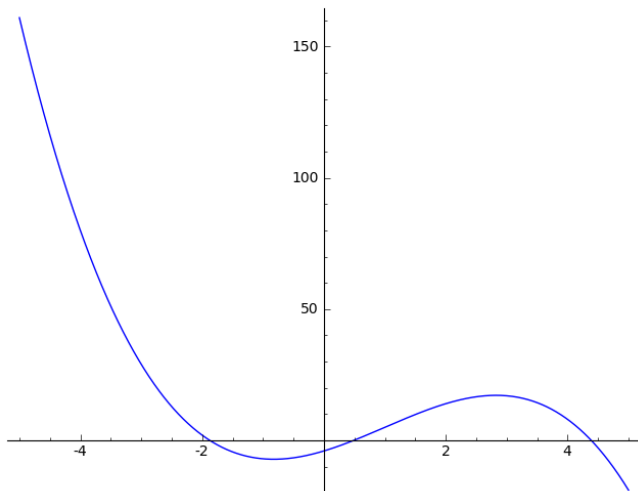
```
\sageplot{plot(-x^3+3*x^2+7*x-4,-5,5)}
```

On peut utiliser Sage avec \LaTeX

dans \LaTeX :

```
\sageplot{plot(-x^3+3*x^2+7*x-4,-5,5)}
```

dans le document:



On peut utiliser Sage avec \LaTeX

dans \LaTeX :

```
\begin{sagesilent}
  t6 = Tachyon(camera_center=(1.25,-3.85,0.65), xres=800, yres=600,
              raydepth=12, aspectratio=.75, antialiasing=True)
  t6.light((0.02,0.012,0.001), 0.01, (1,0,0))
  t6.light((0,0,10), 0.01, (0,0,1))
  t6.texture('s', color=(.8,1,1), opacity=.9, specular=.95, \
            diffuse=.3, ambient=0.05)
  t6.texture('p', color=(0,0,1), opacity=1, specular=.2)
  t6.sphere((-1,-.57735,-0.7071),1,'s')
  t6.sphere((1,-.57735,-0.7071),1,'s')
  t6.sphere((0,1.15465,-0.7071),1,'s')
  t6.sphere((0,0,0.9259),1,'s')
  t6.plane((0,0,-1.9259),(0,0,1),'p')
\end{sagesilent}
\sageplot{t6}
```


On peut utiliser Sage avec \LaTeX

dans le document:

