MATLAB & GNU Octave

Table des matières

Avant-propos

Documentation officielle Octave

• Manuel Octave 3.6.2: HTML, PDF

• FAQ: HTML • Quick Reference: PDF

0 **Installation/configuration Octave**

1 **Notions de base**
1.1 Introduction
1.2 Octave-Forge vs. MATLAB
1.3 Démarrer, quitter, prologue
1.4 Aide, démos, liens Internet
1.5 Types de nombres, variables, fonctions
1.6 Fenêtre de commandes, copier/ coller, formatage nombres
1.7 Packages Octave-Forge

2 **Workspace, environnement, commandes OS**
2.1 Workspace, journal, historique
2.2 Environnement, path de recherche
2.3 Commandes en liaison avec OS

3 **Constantes, opérateurs et fonctions de base**
3.1 Scalaires, constantes
3.2 Opérateurs de base (arith., relationnels, logiques)
3.3 Fonctions de base (math., logiques)

4 **Objets : vecteurs, matrices, chaînes, tableaux multidim. et cellulaires, structures**
4.1 Séries (ranges)
4.2 Vecteurs
4.3 Matrices
4.4 Opérateurs matriciels
4.5 Fonctions matricielles (réorganis., calcul, stat., recherche, logiques), indexation logique
4.6 Chaînes de caractères
4.7 Tableaux multidimensionnels
4.8 Structures (enregistrements)
4.9 Tableaux cellulaires (cell arrays)

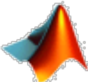
5 **Diverses autres notions**
5.1 Dates et temps, timing
5.2 Equations non linéaires

6 **Graphiques, images, animations**
6.1 Concepts de base
6.2 Graphiques 2D
6.3 Graphiques 2D½ et 3D
6.4 Traitement d'image
6.5 Sauvegarder et imprimer
6.6 Handle Graphics
6.7 Animations, movies

7 **Programmation : interaction, structures de contrôle, scripts, fonctions, entrées-sorties**
7.1 Généralités
7.2 Éditeur et debugger
7.3 Interaction écran/clavier, warnings/erreurs, debugging
7.4 Structures de contrôle (for, while, if, switch-case, try-catch)
7.5 Autres commandes program.
7.6 Scripts, mode batch
7.7 Fonctions, P-Code
7.8 Entrées-sorties, formats, fichiers
7.9 Interfaces graphiques (GUI)

*© CC-BY-SA 3.0 / **J.-D. BONJOUR** / EPFL*
ENAC-IT & ENAC-SSIE / septembre 2012

www.Mcours.com
Site N°1 des Cours et Exercices Email: contact@mcours.com



Introduction à MATLAB et GNU Octave

par **Jean-Daniel BONJOUR**, © 1999-2012 **CC-BY-SA 3.0**
Service Informatique ENAC-IT & Section des Sciences et ingénierie de l'environnement (SSIE)
Faculté ENAC, EPFL, CH-1015 Lausanne

Avant-propos

Mis à jour en septembre 2012, le présent support de cours se rapporte aux versions **MATLAB 7** et **GNU Octave 3.6.2 avec extensions Octave-Forge**. Il s'efforce de faire systématiquement le parallèle entre ces 2 progiciels - le premier commercial, le second libre/open-source - et vise notamment à démontrer le très haut degré de compatibilité de GNU Octave par rapport à MATLAB, et le fait que ce logiciel libre peut donc être utilisé, en environnement académique, en lieu et place de MATLAB dans la plupart des situations.

Accessible sous **http://enacit1.epfl.ch/cours_matlab/**, ce support de cours a été conçu comme base à l'introduction à MATLAB et GNU Octave donnée à l'**EPFL** par l'auteur aux étudiants de Bachelor 3e semestre en Sciences et ingénierie de l'environnement (**ENAC-SSIE**) dans le cadre du cours "Informatique pour l'ingénieur".

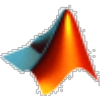
Les **conventions de notations** suivantes sont utilisées dans ce support de cours :

- en police de caractère à `espacement fixe ombrée` : **fonction** ou **commande** MATLAB/Octave à entrer telle quelle, ou commande de menu (exemple: `help`, ou `Help>Help Window`)
- en *`italique`* : vous devez substituer vous-même l'information désignée ; il s'agit en général des **paramètres** d'une fonction (exemple: `save` *nom_fichier*, `plot(`*vecteurx, vecteury*`)`)
- entre accolades `{ }` : on désigne ainsi des éléments facultatifs tels que les **options** d'une commande/fonction (exemple: `save` *fichier* `{-append}`) ;
  exception à cette règle: les tableaux cellulaires et la construction switch-case où les accolades font partie intégrante de la syntaxe MATLAB/Octave
- caractère barre verticale `|` : désigne un **choix** (exemple: `grid ('on|off')` pour indiquer les 2 usages possibles `grid('on')` et `grid('off')`)
- entre `< >` : touche de **clavier**, ou combinaison de touche (exemple: `<enter>`, `<ctrl-C>`)
- sauf indication contraire, toutes les instructions décrites dans ce support de cours s'appliquent à la fois à MATLAB et à GNU Octave ; on utilisera cependant les symboles suivants :
  M pour indiquer que la fonctionnalité présentée n'est disponible que sous **MATLAB**
  O fonctionnalité disponible uniquement sous **GNU Octave**, avec respectivement les backends graphiques basés G **Gnuplot** ou F OpenGL/**FLTK**
  X fonctionnalité pas encore disponible ou buguée
- par le signe on met en évidence les **fonctions et notions essentielles** MATLAB/Octave que l'étudiant, dans une première approche de cette matière, doit assimiler en priorité

Ce cours est, à dessein, découpé en un petit nombre de pages Web de façon à en faciliter l'**impression** pour ceux qui seraient intéressés. Il existe aussi en **version PDF** (voir menu ci-contre), mais celle-ci n'est pas mise à jour aussi fréquemment que la version web.

L'auteur reçoit très volontiers toute remarque concernant ce support de cours (propositions de corrections, compléments, etc...) que vous pouvez lui adresser par Email à l'adresse ci-dessous. D'avance un grand merci de votre feed-back !

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 14-09-2012



1. Notions de base MATLAB et GNU Octave

1.1 Introduction

1.1.1 Qu'est-ce que MATLAB et GNU Octave ?

MATLAB

MATLAB est un logiciel commercial de **calcul numérique/scientifique**, **visualisation** et **programmation** très performant et convivial développé par la société **The MathWorks Inc**. Notez que ce n'est cependant **pas** un logiciel de calcul algébrique ou symbolique (pour cela, voir les logiciels commerciaux Mathematica ou Maple, ou le logiciel libre Maxima).

Le nom de MATLAB vient de *MAT*rix *LAB*oratory, les éléments de données de base manipulés par MATLAB étant des **matrices** (pouvant bien évidemment se réduire à des vecteurs et des scalaires) qui ne nécessitent ni déclaration de type ni dimensionnement. Contrairement aux langages de programmation classiques (scalaires), les **opérateurs** et **fonctions** MATLAB permettent de manipuler directement et interactivement ces données matricielles, rendant ainsi MATLAB particulièrement efficace en calcul numérique, analyse et visualisation de données en particulier.

Mais MATLAB est aussi un **environnement de développement** ("progiciel") à part entière : son **langage** d'assez haut niveau, doté notamment de structures de contrôles, fonctions d'entrée-sortie et de visualisation 2D et 3D, outils de construction d'interface utilisateur graphique (GUI)... permet à l'utilisateur d'élaborer ses propres **fonctions** ainsi que de véritables programmes ("**M-files**") appelés **scripts** vu le caractère interprété de ce langage.

MATLAB est disponible sur tous les systèmes d'exploitation standards (Windows, GNU/Linux, MacOS X...). Le champ d'application de MATLAB peut être étendu aux **systèmes non linéaires** et aux problèmes associés de simulation avec le produit complémentaire **SIMULINK**. Les capacités de MATLAB peuvent en outre être enrichies par des fonctions spécialisées regroupées au sein de dizaines de "**toolboxes**" (boîtes à outils qui sont des collections de "M-files") couvrant des domaines très variés tels que :

- analyse de données
- statistiques
- mathématiques symboliques (accès au noyau Maple V)
- analyse numérique (accès aux routines NAG)
- traitement d'image, cartographie
- traitement de signaux (et du son en particulier)
- acquisition de données et contrôle de processus (gestion ports série/parallèle, cartes d'acquisition, réseau TCP ou UDP), instrumentation
- logique floue
- finance
- etc...

Une interface de programmation applicative (API) rend finalement possible l'interaction entre MATLAB et les environnements de développement classiques (exécution de routines C ou Fortran depuis MATLAB, ou accès aux fonctions MATLAB depuis des programmes C ou Fortran).

Ces caractéristiques et d'autres encore font aujourd'hui de MATLAB un standard incontournable en milieu académique, dans les différents domaines de l'ingénieur et la recherche scientifique.

GNU Octave, et autres alternatives à MATLAB

MATLAB est cependant un logiciel commercial fermé et qui coûte relativement cher (frais de licence), même au tarif académique. Mais la bonne nouvelle, c'est qu'il existe des logiciels libres/open-source analogues, voire même **compatibles avec MATLAB**, donc gratuits ainsi que multi-plateformes :

- **GNU Octave** : logiciel libre offrant la meilleure compatibilité par rapport à MATLAB (qualifiable de "clone MATLAB", surtout depuis la version **Octave 2.9/3.x** et avec les packages du dépôt **Octave-Forge**). Pour l'installer sur votre ordinateur personnel (Windows, Linux, MacOSX), voyez notre page "**Installation et configuration de GNU Octave et packages Octave-Forge**"
- **FreeMat** : logiciel libre multi-plateforme, compatible avec MATLAB et Octave, plus récent mais déjà assez abouti, avec un IDE comprenant: editor/debugger, history, workspace tool, path tool, file browser, 2D/3D graphics...
- **JMathLib** : logiciel libre compatible avec MATLAB et Octave, entièrement écrit en Java, mais encore assez

rudimentaire... et qui semble stagner depuis 2009
- Sous **Python**: les outils Scientific Python basé sur **NumPy**, **SciPy**, **MatPlotLib**, **Mayavi** fournissant un environnement très puissant analogue à Matlab et Octave
- **Scilab** : logiciel libre "analogue" à MATLAB et Octave en terme de fonctionnalités, très abouti, plus jeune que Octave mais beaucoup moins compatible avec MATLAB (syntaxe et fonctions différentes... nécessitant donc une réécriture des scripts MATLAB ou Octave)
- **Sage** : combinaison de différents logiciels libres (sous une interface basée Python) destinés au calcul numérique et algébrique/symbolique ; syntaxe différente par rapport à MATLAB/Octave

Dans des **domaines voisins**, on peut mentionner les logiciels libres suivants :

- statistiques et grapheur spécialisé : **R** (clone de S-Plus), ...
- traitement de données et visualisation : **GDL** (clone de IDL), ...
- calcul algébrique ou symbolique : **Maxima**, ...
- autres : voyez notre **annuaire des principaux logiciels libre**

1.1.2 Quelques caractéristiques fondamentales de MATLAB et GNU Octave

Le langage MATLAB est **interprété**, c'est-à-dire que chaque expression MATLAB est traduite en code machine au moment de son exécution. Un programme MATLAB/Octave (script, M-file) n'a donc pas besoin d'être compilé avant d'être exécuté. Si l'on recherche cependant des performances supérieures, il est possible de convertir des fonctions M-files en **P-code**, voire en code C ou C++ (avec le MATLAB Compiler). Depuis la version 6.5, MATLAB intègre en outre un JIT-Accelerator ("just in time") qui augmente ses performances.

TRÈS IMPORTANT: MATLAB et Octave sont "**case-sensitive**", c'est-à-dire qu'ils distinguent les majuscules des minuscules (dans les noms de variables, fonctions...).
Ex: les variables `abc` et `Abc` sont 2 variables différentes ; la fonction `sin` (sinus) existe, mais la fonction `sinus` n'est pas définie...

1.2 GNU Octave versus MATLAB

GNU Octave, associé aux packages Octave-Forge, se présente donc comme un logiciel libre/open-source hautement compatible avec MATLAB. Outre l'apprentissage de MATLAB/Octave, l'un des objectifs de base de ce support de cours est de vous montrer les **très nombreuses similitudes** entre Octave-Forge et MATLAB. Il existe cependant certaines **différences** que nous énumérons sommairement ci-dessous. Celles-ci s'atténuent avec le temps, étant donné qu'Octave évolue actuellement dans le sens d'une toujours plus grande compatibilité avec MATLAB, notamment en intégrant progressivement, via les "**packages**" Octave-Forge (voir chapitre "**Packages**"), les fonctionnalités des "**toolboxes**" MATLAB les plus importantes.

M **Caractéristiques propres à MATLAB** :

- logiciel **commercial** (payant) à code fermé développé par une société (The MathWorks Inc.)
- nombreuses **toolboxes** commerciales (payantes) étendant les fonctionnalités de MATLAB dans différents domaines
- fonctionnalités **graphiques** intégrées, **handles graphics** (permettant d'éditer de façon détaillée les propriétés des objets), éditeur de propriétés, réalisation d'**animations**
- **IDE** (Integrated Development Environment) comprenant: **éditeur** et **debugger** de code MATLAB intégré, "workspace browser", "path browser" et fenêtre d'aide spécifique (HelpWin)
- fonctions permettant de concevoir des **interfaces-utilisateur graphiques** (GUI)
- ...

O **Caractéristiques propres à Octave-Forge** :

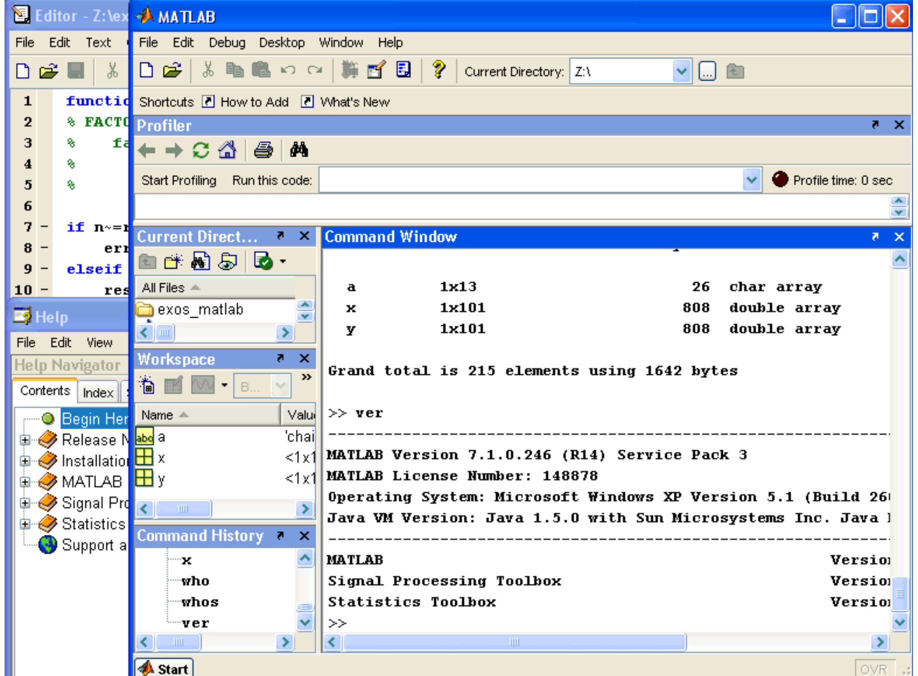
- logiciel **libre** (gratuit, sous licence GPL v3) et donc **open-source**, développé de façon communautaire
- logiciel distribué de façon standard (**paquets** *.deb, *.rpm...) pour la plupart des **distributions GNU/Linux**, et proposé sous forme de portages binaires pour les autres systèmes d'exploitation courants (Windows, MacOS X)
- système de packaging (depuis Octave 2.9.12): **extensions** implémentées sous forme de **packages** (voir chapitre "**Les packages Octave-Forge**")
- le **caractère modulaire** de l'architecture et des outils Unix/Linux se retrouve dans Octave, et Octave **interagit facilement** avec le monde extérieur ; Octave s'appuie donc sur les composants Unix/GNU Linux, plutôt que d'intégrer un maximum de fonctionnalités sous forme d'un environnement monolithique (comme MATLAB)
- fonctionnalités poussées d'**historique** et de rappel des commandes
- fonctionnalités **graphiques** s'appuyant sur différents "backends" (**Gnuplot**, **FLTK**/OpenGL, QtHandles, Octplot, Octaviz... voir chapitre "**Graphiques, images, animations**") dont il découle quelques différences par rapport à MATLAB
- projets en cours concernant : interface graphique et **IDE** (voir plus bas), couplage à des outils de génération

d'interface-utilisateur graphiques (voir chapitre "**Réalisation de GUI**"), objets/classes...
- ...

1.3 Démarrer et quitter MATLAB ou Octave

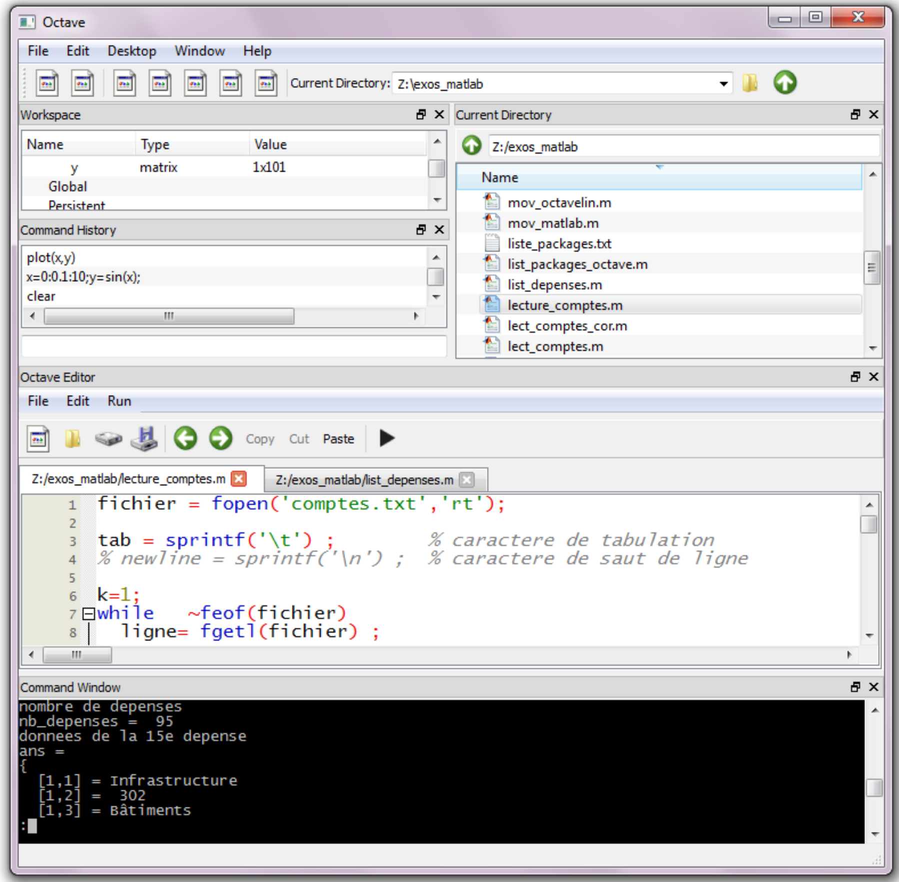
1.3.1 Interface graphique et environnement de développement (IDE)

MATLAB offre en standard un **IDE** (Integrated Development Environment), c'est-à-dire qu'il présente une interface graphique (GUI) se composant, en plus de la fenêtre de Commande et des fenêtres de Graphiques, de divers autres outils sous forme de fenêtres graphiques : Workspace, Editor, Current Directory, Command History, Profiler, Help... (voir figure ci-dessous).



Environnement de développement (IDE) intégré de MATLAB 7

Dans la version de base de **GNU Octave**, l'interaction s'effectue en **mode commande** uniquement. Une interface graphique officielle, nommée **Octave GUI**, est en cours de développement (2011-2012) dans le cadre du projet GNU Octave (voir **wiki Octave**). La figure ci-dessous donne une idée de cette interface que nous présenterons lorsque'elle sera parvenue à maturité.



Interface graphique Octave GUI (pré-version implémentée dans Octave Windows 3.6.2 MSVS)

Par le passé, divers projets d'interface graphique voire de véritables IDE ont existé (généralement sous Linux, puis portés sous Windows...), pour mémoire :

- **QtOctave** (voir notre **ancienne page**), qui a eu pas mal de succès mais n'est plus développée depuis mi-2011
- **Kalculus** (basé toolkit Qt et Ruby, pour Linux)
- **GUI Octave** (pour Windows)
- **Xoctave** (pour Windows/Linux, devenu commercial)
- **OctaveNB** (implémenté comme plugin de l'IDE Java NetBeans)
- **OctaveDE** (pour Linux)
- **Octave Workshop** (projet stoppé ?)
- **Octivate** (projet stoppé ?)
- **KOctave** (KDE GUI for Octave, projet stoppé ?)

1.3.2 Démarrer et quitter MATLAB ou Octave

Lancement de MATLAB ou Octave sous **Windows**

Vous trouvez bien entendu les raccourcis de lancement MATLAB et Octave dans le menu `Démarrer>Tous les programmes` ...

Dans les salles d'enseignement EPFL-ENAC-SSIE sous Windows, les raccourcis se trouvent sous :

- **MATLAB** : `Démarrer > Tous les programmes > Math & Stat > Matlab x.x > MATLAB`
- **Octave** : `Démarrer > Tous les programmes > Math & Stat > GNU Octave x.x > GNU Octave`

Lancement de MATLAB ou Octave sous **Linux**

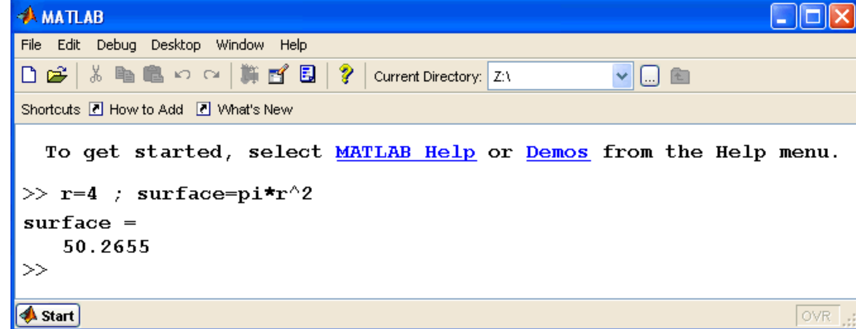
Depuis une fenêtre terminal (shell), simplement frapper `matlab` ou `octave` suivi de `<Enter>`. Si le logiciel n'est pas trouvé, soit compléter le `PATH` de recherche de votre shell par le chemin complet du répertoire où est installé MATLAB/Octave, ou faire un alias de lancement intégrant le chemin du répertoire d'installation.

Sous **Ubuntu** avec Unity, vous trouvez des lanceurs `MATLAB` et `GNU Octave` dans le "Dash" (en frappant la touche `<super>` qui est la touche `<windows>`). Vous pouvez vous-même copier ces lanceurs dans votre

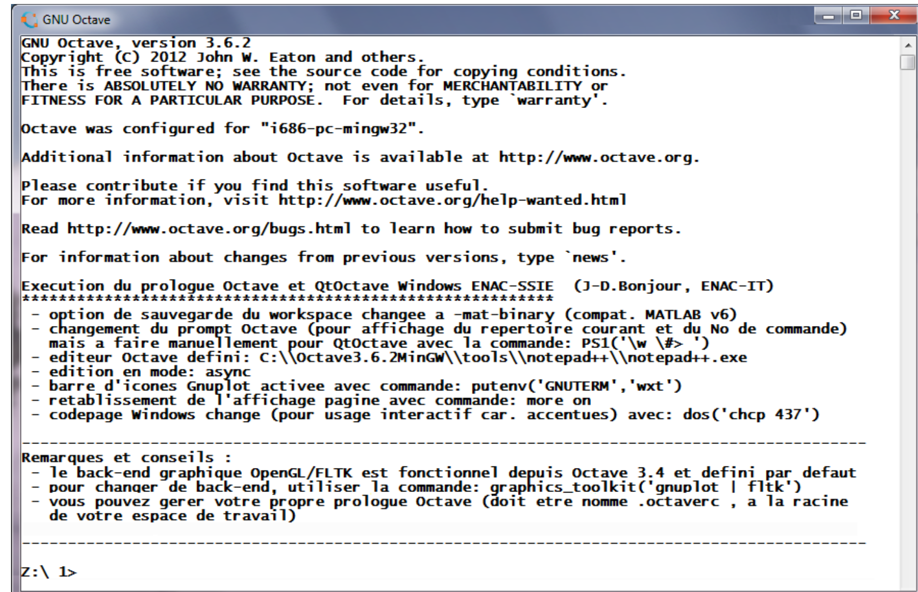
barre de lanceurs

Utiliser **MATLAB** dans une **fenêtre terminal**
Il est possible d'utiliser interactivement MATLAB en mode commande dans une fenêtre terminal (shell) et sans interface graphique, à la façon de Octave. Ceci est intéressant si vous utilisez MATLAB à distance sur un serveur Linux. Il faut pour cela démarrer MATLAB avec la commande : `matlab -nodesktop -nosplash`

Sortie de MATLAB ou Octave
Vous pouvez utiliser à choix les commandes `exit` ou `quit`
Sous MATLAB, vous pouvez encore utiliser le raccourcis `<ctrl-Q>` ou le menu `File > Exit MATLAB`
Sous Octave le raccourci `<ctrl-D>`



Fenêtre de commande MATLAB 7



Fenêtre de commande Octave-Forge 3.6.2 Windows (avec ici prologue personnalisé)

1.3.3 Prologues et épilogues

Le mécanisme des "**prologues**" et "**épilogues**" offre à l'utilisateur la possibilité de faire exécuter automatiquement par MATLAB/Octave un certain nombre de commandes en début et en fin de session. Il est implémenté sous la forme de **scripts** (M-files).

Le prologue est très utile lorsque l'on souhaite **configurer certaines options**, par exemple :

- sous MATLAB ou Octave :
  - changement du répertoire de travail (avec la commande `cd ...`)
  - ajout, dans le `path` de recherche MATLAB/Octave, des chemins de répertoires dans lesquels l'utilisateur aurait défini ses propres scripts ou fonctions (voir la commande `addpath('path1:path2:path3...')` au chapitre "**Environnement MATLAB/Octave**")
  - affichage d'un texte de bienvenue (commande `disp('texte')`)
- sous Octave :
  - choix de l'éditeur (voir la commande `EDITOR` au chapitre "**Éditeur et debugger**")
  - choix du backend graphique (voir la commande `graphics_toolkit` au chapitre "Graphiques/**Concepts de base**")

- changement du prompt (invite de commande) (voir la commande `PS1` au chapitre "**Fenêtre de commandes MATLAB/Octave**")

Les différents **échelons de prologues** sous **MATLAB** :

- Lorsque MATLAB démarre, il exécute successivement :
  - le script de démarrage système `matlabrc.m` (voir `helpwin matlabrc`)
  - puis *le premier* script nommé `startup.m` qu'il trouve en parcourant le "répertoire utilisateur de base MATLAB" puis les différents répertoires définis dans le `path` MATLAB (voir chapitre "**Environnement MATLAB/Octave**").
- Sous Windows, le "répertoire utilisateur de base MATLAB" peut être changé en éditant la propriété "Démarrer dans:" du raccourci de lancement MATLAB. C'est "Z:\" dans le cas des salles d'enseignement ENAC-SSIE

Les différents **échelons de prologues** sous **Octave** :

- Lorsque Octave démarre, il exécute successivement :
  - le prologue `OCTAVE_HOME/share/octave/site/m/startup/octaverc`, puis le prologue `OCTAVE_HOME/share/octave/`*`version`*`/m/startup/octaverc` qui est un lien symbolique vers le fichier `/etc/octave.conf`
  - puis l'éventuel script nommé `.octaverc` se trouvant dans le "répertoire home" de l'utilisateur
  - et enfin, si l'on démarre Octave en mode commande depuis une fenêtre terminal, l'éventuel `.octaverc` se trouvant dans le répertoire courant.

  Pour (ré)exécuter ces scripts manuellement en cours de session, vous pouvez faire `source('.octaverc')`
- Le "répertoire home" de l'utilisateur au sens Octave est :
  - sous Windows:, c'est le répertoire défini par la propriété "Démarrer dans:" du raccourci de lancement Octave
  - sous Linux: `/home/`*`votre_username`*
  - sous MacOSX: `/Users/`*`votre_username`*

Les **épilogues** MATLAB et Octave :

- En sortant, **MATLAB** exécute *le premier* script nommé `finish.m` qu'il trouve en parcourant le "répertoire utilisateur de base MATLAB" puis les différents répertoires définis dans le `path` MATLAB
- Quant à **Octave**, il dispose d'un mécanisme d'épilogue basé sur la fonction `atexit`

1.4 Outils d'aide et d'information, références internet utiles

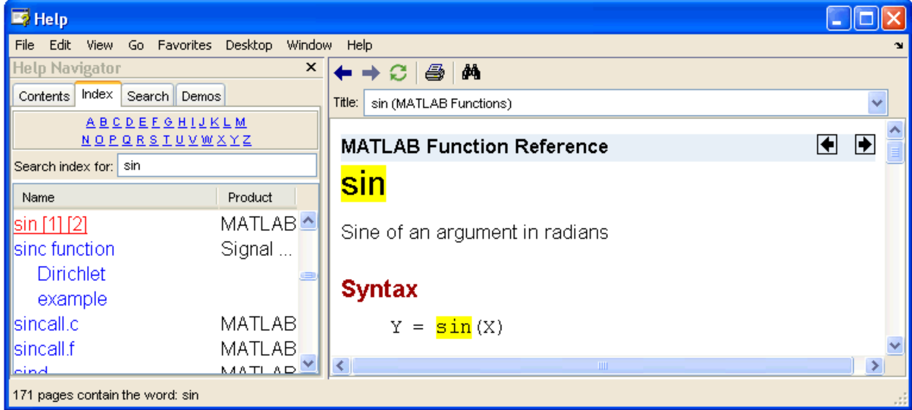
1.4.1 Aide en ligne

`help fonction`

Affiche, dans la fenêtre de commande MATLAB/Octave, la **description** et la **syntaxe** de la *fonction* MATLAB/Octave spécifiée. Le mode de défilement, continu (c'est le défaut dans MATLAB) ou "paginé" (défaut dans Octave), peut être modifié avec la commande `more on|off` (voir plus bas)
Passée sans paramètres, la commande `help` liste les rubriques d'aide principales (correspondant à la structure de répertoires définie par le `path`)

`helpwin fonction` , ou `doc fonction` , ou menu `Help>MATLAB Help` , ou icône `[?]` de la Toolbar MATLAB

Même effet que la commande `help` , sauf que le résultat est affiché dans la fenêtre d'aide spécifique MATLAB "Help" (voir illustration ci-dessous)



Fenêtre d'aide MATLAB 7

`doc fonction` (remplace l'ancien `help -i fonction` de Octave 2)

Sous Octave, cette commande recherche et affiche (avec l'outil Info) l'information relative à la *fonction* spécifiée à partir du **manuel** Octave

`lookfor {-all} mot-clé`

Recherche par *mot-clé* dans l'aide MATLAB/Octave. Cette commande retourne la liste de toutes les fonctions dont le *mot-clé* spécifié figure dans la première ligne (H1-line) de l'aide.
Sous Octave, l'affichage paginé peut donner l'impression que rien se se passe si l'on ne patiente pas. Le cas échéant, désactiver l'affichage paginé avant de passer cette commande. A partir de la version 3.2.0, la vitesse d'exécution de cette commande a été améliorée par un mécanisme de caching des textes d'aide
Avec l'option `-all` , la recherche du *mot-clé* spécifié s'effectue dans l'entier des textes d'aide et pas seulement dans leurs 1ères lignes (H1-lines); prend donc passablement plus de temps et retourne davantage de références (pas forcément en relation avec ce que l'on cherche...)

Ex: `help inverse` retourne dans MATLAB l'erreur comme quoi aucune fonction "inverse" n'existe ; par contre `lookfor inverse` présente la liste de toutes les fonctions MATLAB/Octave en relation avec le thème de l'inversion (notamment la fonction `inv` d'inversion de matrices)

Manuel Octave en-ligne complet (HTML), ou via
`Démarrer > Programmes > GNU Octave x.x > Documentation` puis dans les sous-menu `HTML` ou `PDF`

• Accès au **manuel Octave** officiel. Voyez en particulier, tout au bas de la table des matières, le "Function Index" qui est un index hyper-texte de toutes les fonctions Octave
• Voyez aussi cet **Octave Quick Reference Card** (aide-mémoire en 3 pages, PDF) ainsi que cette **FAQ**

1.4.2 Exemples et démos

`intro` sous MATLAB 5.3
`echodemo intro` sous MATLAB 7

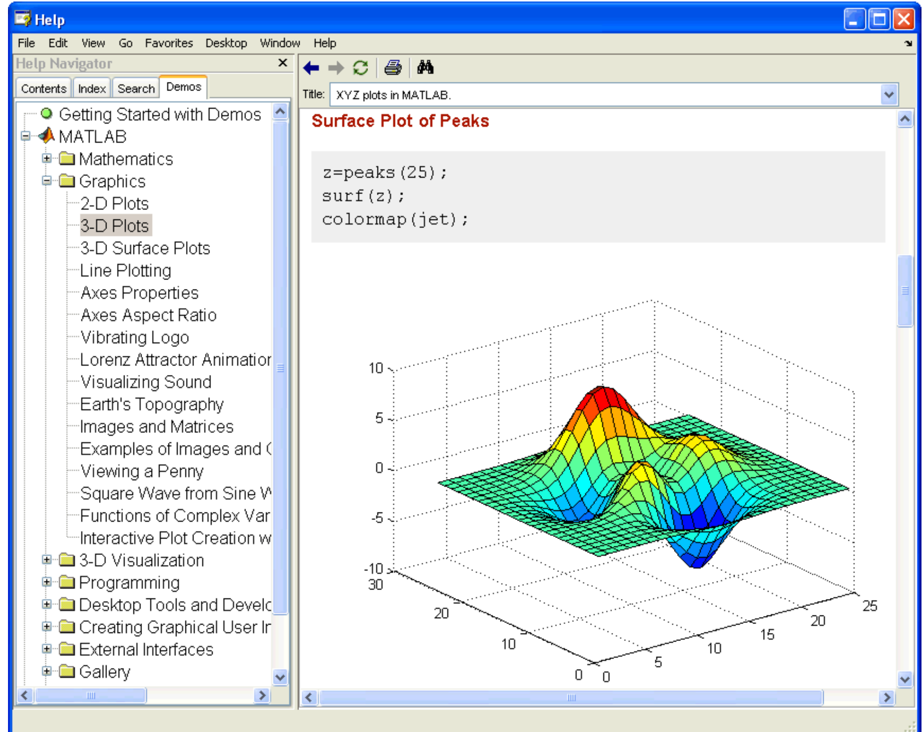
Lancement d'un petit didacticiel d'**introduction** à MATLAB

`rundemos(package)`

Lance les démos définies dans le répertoire du package spécifié (les packages sont sous `OCTAVE_HOME/share/octave/packages/package`). Implémenté depuis Octave 3.2.0.

Ex : `rundemos('signal-1.1.3')` : lance les démos du package "signal" (traitement de signaux) dans sa version 1.1.3

M `demos`, ou M `helpwin demos`, ou menu M `Help>Demos`
Passe dans l'onglet "Demos" de la fenêtre "Help" (voir illustration ci-dessous) où l'on trouve quantité de **démonstrations interactives** illustrant les capacités de MALAB (voir aussi M `help demos` qui donne la liste et la description de toutes ces démos). Pour chacune de ces démos le code MATLAB détaillé est présenté.



Démonstration interactive MATLAB 7

1.4.3 Ressources Internet utiles relatives à MATLAB et Octave

Sites Web

- MATLAB
  - site de la société The MathWorks Inc (éditrice de MATLAB) : **http://www.mathworks.com**
  - article sur MATLAB dans Wikipedia : **français**, **anglais**
  - fonctions/scripts libres développées pour MATLAB (convenant parfois à Octave) : **http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/**
  - Wiki Book "Matlab Programming" : **http://en.wikibooks.org/wiki/Matlab**

- GNU Octave
  - site principal consacré à GNU Octave : **http://www.octave.org** (http://www.gnu.org/software/octave/)
  - dépôt des paquets "Octave-Forge" sur SourceForge.net : **http://octave.sourceforge.net**
  - article sur GNU Octave dans Wikipedia : **français**, **anglais**
  - espace de partage de fonctions/scripts Octave : **http://agora.octave.org/** (nouveau, été 2012)
  - Wiki Book Octave : **http://fr.wikibooks.org/wiki/Programmation_Octave** (FR), **http://en.wikibooks.org/wiki/Octave_Programming_Tutorial** (EN)

- Packages Octave-Forge (analogues aux toolboxes MATLAB)
  - liste des packages : O `pkg list -forge`
  - liste, description et téléchargement des packages Octave-Forge : **http://octave.sourceforge.net/packages.php**
  - index des fonctions (Octave core et packages Octave-Forge) : **http://octave.sourceforge.net/function_list.html**

- Gnuplot
  - site principal Gnuplot (back-end graphique principal sous Octave) : **http://gnuplot.sourceforge.net**

Forums de discussion, mailing-lists, wikis, blogs

- MATLAB
  - forum MathWorks : **http://www.mathworks.ch/matlabcentral/answers/**
  - forum Usenet/News consacré à MATLAB : **https://groups.google.com/forum/#!forum/comp.soft-sys.matlab**
- Octave
  - **wiki** Octave : **http://wiki.octave.org**
  - **forum** utilisateurs et développeurs, avec mailing lists associées : **http://octave.1599824.n4.nabble.com/** (avec sections: General, Maintainers, Dev)
  - soumission de **bugs** en relation avec **Octave core** (depuis mars 2010) : **http://bugs.octave.org** (http://savannah.gnu.org/bugs/?group=octave)
  - en relation avec **packages** Octave-Forge :
    - soumission de **bugs** : **http://sourceforge.net/tracker/?group_id=2888&atid=102888**
    - demande de **fonctionnalités** : **http://sourceforge.net/tracker/?group_id=2888&atid=352888**
  - **blogs** en relation avec le développement de Octave :
    - planet.octave : **http://planet.octave.org/**
    - maintainers@octave.org : **http://blog.gmane.org/gmane.comp.gnu.octave.maintainers/**

La commande `info` (implémentée sous Octave depuis version 3.2.0) affiche différentes sources de contact utiles. S'agissant par exemple d'Octave : mailing list, wiki, packages, bugs report...

1.5 Types de nombres (réels/complexes, entiers), variables et fonctions

1.5.1 Types réels, double et simple précision

De façon interne (c'est-à-dire en mémoire=>workspace, et sur disque=>MAT-files), MATLAB/Octave stocke par défaut tous les nombres en virgule flottante "**double précision**" (au format IEEE qui occupe **8 octets** par nombre, donc **64 bits**). Les nombres ont donc une **précision finie** de 16 chiffres décimaux significatifs, et une **étendue** allant de 10^{-308} à 10^{+308}. Cela permet donc de manipuler, en particulier, des coordonnées géographiques.

Les **nombres réels** seront saisis par l'utilisateur selon les conventions de notation décimale standard (si nécessaire en notation scientifique avec affichage de la puissance de 10)

Ex de nombres réels valides : `3` , `-99` , `0.000145` , `-1.6341e20` , `4.521e-5`

Il est cependant possible, depuis la version 3.2.0 d'Octave, de définir comme sous MATLAB des réels en virgule flottante "**simple précision**", donc stockés sur des variables occupant 2x moins d'espace en mémoire (4 octets, 32 bits), donc de précision deux fois moindre (7 chiffres décimaux significatifs, et une étendue allant de 10^{-38} à 10^{+38}). On utilise pour cela la fonction de conversion `single( nombre | variable )` , ou en ajoutant le paramètre `'single'` à certaines fonctions telles que `ones` , `zeros` , `eye` ... De façon inverse, la fonction de conversion `double(variable)` retourne, sur la base d'une *variable* simple précision, un résultat double précision. **ATTENTION** cependant : lorsque l'on utilise des opérateurs ou fonctions mélangeant des opérandes/paramètres de types simple et double précision, le résultat retourné sera toujours de type simple précision. Vous pouvez vérifier cela en testant vos variables avec la commande `whos` .

Ex • l'expression `3 * ones(2,2)` retourne une matrice double précision
• mais les expressions `single(3) * ones(2,2)` ou `3 * ones(2,2,'single')` ou `single(3 * ones(2,2))` retournent toutes une matrice simple précision

Si vous lisez des données numériques réelles **à partir d'un fichier texte** et désirez les stocker en **simple précision**, utilisez la fonction `textscan` (disponible sous Octave depuis la version 3.4) avec le format `%f32` (32 bits, soit 4 octets). Le format `%f64` est synonyme de `%f` et génère des variables de double précision (64 bits, soit 8 octets).

1.5.2 Types entiers, 64/32/16/8 bits

On vient de voir que MATLAB/Octave manipule **par défaut** les nombres sous forme **réelle en virgule flottante** (double précision ou, sur demande, simple précision). Ainsi l'expression `nombre = 123` stocke de façon interne le nombre spécifié sous forme de variable réelle double précision, bien que l'on ait saisi un nombre entier.

Il est cependant possible de manipuler des variables de **types entiers**, respectivement :
- 8 bits : nombre stocké sur 1 octet ; si signé, étendue de -128 (-2^7) à 127
- 16 bits : nombre stocké sur 2 octets ; si signé, étendue de -32'768 (-2^15) à 32'767
- 32 bits : nombre stocké sur 4 octets ; si signé, étendue de -2'147'483'648 (-2^31) à 2'147'483'647 (9 chiffres)
- 64 bits : nombre stocké sur 8 octets ; si signé, étendue de -9'223'372'036'854'775'808 (-2^63) à 9'223'372'036'854'775'807 (18 chiffres)

Les opérations arithmétiques sur des entiers sont **plus rapides** que les opérations analogues réelles.

On dispose, pour cela, des possibilités suivantes (int64 complétement supporté sous Octave à partir de la version 3.2.0) :

- les fonctions de conversion `int8` , `int16` , `int32` et `int64` génèrent des variables entières **signées** stockées respectivement sur 8 bits, 16 bits, 32 bits ou 64 bits ; les valeurs réelles (double ou simple précision) sont arrondies au nombre le plus proche (équivalent de `round`)
- les fonctions de conversion `uint8` , `uint16` , `uint32` et `uint64` génèrent des variables entières **non signées** (unsigned) stockées respectivement sur 8 bits, 16 bits, 32 bits ou 64 bits
- en ajoutant l'un des paramètres `'int8'` , `'uint8'` , `'int16'` , `'uint16'` , `'int32'` , `'uint32'` , `'int64'` ou `'uint64'` à certaines fonctions telles que `ones` , `zeros` , `eye` ...
- les valeurs réelles (double ou simple précision) sont **arrondies** au nombre le plus proche (équivalent de `round`)

IMPORTANT : Lorsque l'on utilise des opérateurs ou fonctions mélangeant des opérandes/paramètres de types entier et réels (double ou simple précision), le résultat retourné sera toujours de **type entier** ! Si l'on ne souhaite pas ça, il faut convertir au préalable l'opérande entier en réel double précision (avec `double(entier)`) ou simple précision (avec `single(entier)`) !

M Sous MATLAB, certaines opérations mixant des données de type réel avec des données de type entier 64 bits ne sont

pas autorisées. Ainsi l'expression `13.3 * int64(12)` génère une erreur.

Ex :
- `int8(-200)` retourne -128 (valeure minimale signée pour int8), `int8(-4.7)` retourne -5, `int8(75.6)` retourne 76, `int8(135)` retourne 128 (valeure maximale signée pour int8)
- `uint8(-7)` retourne 0 (valeure minimale non signée pour int8), `uint8(135.2)` retourne 135, `uint8(270)` retourne 255 (valeure maximale non signée pour int8)
- si `a=uint8(240)` , `a/320` retourne 0, alors que `single(a)/320` retourne 0.75000
- la série `indices1=int8(1:100)` occupe 8x moins de place en mémoire (100 octets) que la série `indices2=1:100` (800 octets)
- `4.6 * ones(2,2,'int16')` retourne une matrice de dimension 2x2 remplie de chiffres 5 stockés chacun sur 2 octets (entiers 16 bits)

Si vous lisez des données numériques entières **à partir d'un fichier texte** et désirez les stocker sur des **entiers** et non pas sur des réels double précision, utilisez la fonction `textscan` (disponible sous Octave depuis la version 3.4) avec l'un des formats suivants :

- entiers signés : `%d8` (correspondant à `int8`), `%d16` (correspondant à `int16`), `%d32` ou `%d` (correspondant à `int32`), `%d64` (correspondant à `int64`)
- entiers non signés (positifs) : `%u8` (correspondant à `uint8`), `%u16` (correspondant à `uint16`), `%u32` ou `%u` (correspondant à `uint32`), `%u64` (correspondant à `uint64`)

1.5.3 Nombres complexes

MATLAB/Octave est aussi capable de manipuler des **nombres complexes** (stockés de façon interne sous forme de **réels double precision**, mais sur 2x 8 octets, respectivement pour la partie réelle et la partie imaginaire)
Ex de nombres complexes valides (avec partie réelle et imaginaire) : `4e-13 - 5.6i` , `-45+5*j`

Le tableau ci-dessous présente quelques fonctions MATLAB/Octave relatives aux nombres complexes.

Fonction	Description
`real(nb_complexe)` `imag(nb_complexe)`	Retourne la **partie réelle** du *nb_complexe* spécifié, respectivement sa **partie imaginaire** Ex: `real(3+4i)` retourne 3, et `imag(3+4i)` retourne 4
`conj(nb_complexe)`	Retourne le **conjugué** du *nb_complexe* spécifié Ex: `conj(3+4i)` retourne 3-4i
`abs(nb_complexe)`	Retourne le **module** du *nb_complexe* spécifié Ex: `abs(3+4i)` retourne 5
O `arg(nb_complexe)`	Retourne l'**argument** du *nb_complexe* spécifié Ex: O `arg(3+4i)` retourne 0.92730
`isreal(var)` , `iscomplex(var)`	Permet de tester si l'argument (sclaire, tableau) contient des nombres réels ou complexes

1.5.4 Conversion de nombres de la base 10 dans d'autres bases

Notez que les nombres, dans d'autres bases que la base 10, sont ici considérés comme des chaînes (*str_binaire*, *str_hexa*, *str_baseB*) !

- décimal en binaire, et vice-versa : *str_binaire*= `dec2bin(nb_base10)` , *nb_base10*= `bin2dec(str_binaire)`
- décimal en binaire, et vice-versa : *str_hexa*= `dec2hex(nb_base10)` , *nb_base10*= `hex2dec(str_hexa)`
- décimal dans base B, et vice-versa : *str_baseB*= `dec2base(nb_base10, B)` , *nb_base10*= `base2dec(str_baseB, B)`

1.5.5 Généralités sur les variables

Les variables créées au cours d'une session (interactivement depuis la fenêtre de commande MATLAB/Octave ou par des M-files) résident en mémoire dans ce que l'on appelle le "**workspace**" (espace de travail, voir chapitre

"**Workspace MATLAB/Octave**"). Le langage MATLAB ne requiert **aucune déclaration** préalable de **type** de variable et de **dimension** de tableau/vecteur. Lorsque MATLAB/Octave rencontre un nouveau nom de variable, il crée automatiquement la variable correspondante et y associe l'espace de stockage nécessaire dans le workspace. Si la variable existe déjà, MATLAB/Octave change son contenu et, si nécessaire, lui alloue un nouvel espace de stockage en cas de redimensionnement de tableau. Les variables sont définies à l'aide d'**expressions**.

Un **nom de variable** valide consiste en une lettre suivie de lettres, chiffres ou caractères souligné "_". Les lettres doivent être dans l'intervalle a-z et A-Z, donc les caractères accentués ne sont pas autorisés. MATLAB (mais pas Octave) n'autorise cependant pas les noms de variable dépassant **63** caractères (voir la fonction `namelengthmax`).

Ex de noms de variables valides : `x_min`, `COEFF55a`, `tres_long_nom_de_variable`

Ex de noms non valides : `86ab` (commence par un chiffre), `coeff-555` (est considéré comme une expression), `temp_mesurée` (contient un caractère accentué)

Les noms de variable sont **case-sensitive** (distinction des majuscules et minuscules).

Ex: `MAT_A` désigne une matrice différente de `mat_A`

Pour désigner un **ensemble de variables** (principalement avec commandes `who`, `clear`, `save` ...), on peut utiliser les **caractères de substitition** `*` (remplace 0, 1 ou plusieurs caractères quelconques) et `?` (remplace 1 caractère quelconque).

Ex: si l'on a défini les variables `x=14 ; ax=56 ; abx=542 ;` , alors :

`who *x` liste toutes les variables `x`, `ax` et `abx`

`clear ?x` n'efface que la variables `ax`

Une "**expression**" MATLAB/Octave est une construction valide faisant usage de nombres, de variables, d'opérateurs et de fonctions.

Ex: `pi*r^2` et `sqrt((b^2)-(4*a*c))` sont des expressions

Nous décrivons ci-dessous les comandes de base relatives à la gestion des variables. Pour davantage de détails sur la gestion du workspace et les commandes y relatives, voir le chapitre "**Workspace MATLAB/Octave**".

`variable = expression`

Affecte à *variable* le résultat de l' *expression*, et affiche celui-ci

Ex: `r = 4`, `surface=pi*r^2`

`variable = expression ;`

Affecte à *variable* le résultat de l'*expression*, mais effectue cela "silencieusement" (en raison du caractère `;`) c'est-à-dire sans affichage du résultat à l'écran

`expression`

Si l'on n'affecte pas une expression à une variable, le résultat de l'évaluation de l'*expression* est affecté à la variable de nom prédéfini `ans` ("answer")

Ex: `pi*4^2` retourne la valeur 50.2655... sur la variable `ans`

`variable`

Affiche le contenu de la *variable* spécifiée

`who {variable(s)}`

Liste le nom de toutes les variables couramment définies dans le workspace (ou seulement la(les) *variable(s)* spécifiées)

`whos {variable(s)}`

Affiche une liste plus détaillée que `who` de toutes les variables couramment définies dans le workspace (ou seulement la(les) *variable(s)* spécifiées) : nom de la variable, dimension, espace mémoire, classe.

`variable = who{s} ...`

La sortie des commandes `who` et `whos` peut elle-même être affectée à une *variable* de type tableau cellulaire (utile en programmation !)

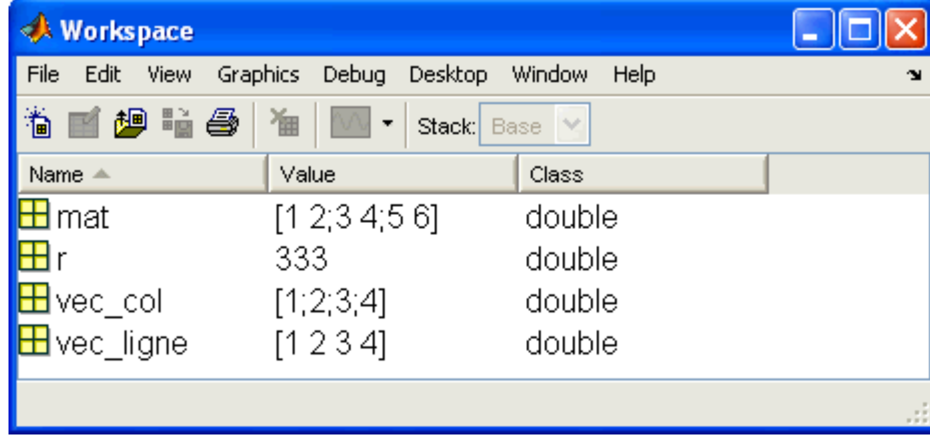
`clear {variable(s)}`

Détruit du workspace toutes les variables (ou la/les *variable(s)* spécifiées, séparées par des espaces et non pas des virgules !)

Ex: `clear mat*` détruit toutes les variables dont le nom commence par "mat"

M `workspace`, ou menu M `Desktop>Workspace`

Affichage de la fenêtre "Workspace" MATLAB (voir illustration ci-dessous) qui présente toutes les variables du workspace courant. Il est possible depuis là de visualiser/éditer le contenu des variables (double-cliquer sur la variable) ou de détruire des variables (les sélectionner et faire `<Delete>`)



Workspace Browser MATLAB 7

1.5.6 Généralités sur les chaînes de caractères

Il est bien entendu possible de manipuler du **texte** (des "**chaînes**" de caractères) dans MATLAB/Octave. De façon interne :

- MATLAB stocke chacun des caractères sur 2 octets ; la chaîne elle-même est vue comme un vecteur-ligne contenant autant d'éléments que de caractères
- Octave sous Linux stocke les caractères non accentués (ASCII 7-bits) sur 1 octet, et les caractères accentués sur 2 octets
- alors que Octave sous Windows (si l'on active le codepage `dos('chcp 437')`) stocke chacun des caractères (non accentués ou accentués) sur 1 octet

Notez que la différence de stockage ci-dessus peut donc conduire à des problèmes de portage de code si vous manipulez de caractères accentués.

Pour toutes les fonctions MATLAB/Octave manipulant des chaînes, on peut leur passer celles-ci soit de façon littérale en les délimitant par des **apostrophes** (par exemple `'Hello world'`), soit via des **variables**.

`string = 'chaîne de caractères'`
: Enregistre la *chaîne de caractères* (définie entre apostrophes) sur la variable *string* qui est un vecteur-ligne. Si la chaîne contient un apostrophe, il faut le dédoubler (sinon il serait interprété comme signe de fin de chaîne... et la suite de la chaîne provoquerait une erreur)
Ex: `section = 'Sciences et ingénierie de l''environnement'`

`string(i:j)`
: Retourne la partie de la chaîne *string* comprise entre le *i*-ème et le *j*-ème caractère
Ex: suite à l'exemple ci-dessus, `section(13:22)` retourne la chaîne "ingénierie"

Pour davantage de détails, voir plus loin le chapitre dédié aux "**Chaînes de caractères**".

1.5.7 Généralités sur les fonctions

Comme en ce qui concerne les noms de variables, les noms de fonctions sont "case-sensitive" (distinction des majuscules et minuscules). Les noms de toutes les **fonctions** prédéfinies MATLAB/Octave sont en **minuscules**.
Ex: `sin()` est la fonction sinus, tandis que `SIN()` n'est pas définie !

Les fonctions MATLAB/Octave sont implémentées soit au niveau du noyau MATLAB/Octave (fonctions "built-ins") soit au niveau de M-files et packages (dont on pourrait voir et même changer le code).
Ex: `which sin` indique que `sin` est une fonction built-in, alors que `which axis` montre dans quel M-file est implémentée la fonction `axis` .

Attention : les noms de fonction ne sont **pas réservés** et il serait donc possible de les écraser !
Ex: si l'on définissait `sin(1)=444` , l'affectation `val=sin(1)` retournerait alors 444 ! Pour restaurer la fonction originale, il faudra dans ce cas passer la commande `clear sin` , et la fonction `sin(1)` retournera alors à nouveau le sinus de 1 radian (qui est 0.8415).

helpwin elfun | specfun | elmat
Affiche respectivement la liste des fonctions mathématiques *él*émentaires, avancées (*spéc*ialisées), *mat*ricielles

Pour une présentation détaillée des principales fonctions MATLAB/Octave, voir les chapitres dédiés plus loin ("**Fonctions de base**", "**Fonctions matricielles**").

L'utilisateur a la possibilité de créer ses propres fonctions (voir chapitre "**Fonctions**"),

1.6 Fenêtre de commandes MATLAB/Octave

1.6.1 Généralités

La fenêtre de commandes MATLAB ou Octave apparaît donc automatiquement dès que MATLAB ou Octave est démarré (voir illustrations plus haut). Nous présentons ci-dessous quelques commandes permettant d'agir sur cette fenêtre.

more on|off
Activation ou désactivation du mode de défilement "paginé" (contrôlé) dans cette fenêtre. Par défaut le défilement n'est pas paginé dans MATLAB (**off**). Sous Octave, cela dépend des versions.
Dans Octave, cette commande positionne la valeur retournée par la fonction built-in **page_screen_output** (respectivement à **0** pour **off** et **1** pour **on**).
En mode paginé, on agit sur le défilement avec les touches suivantes :
• **MATLAB**: **<enter>** pour avancer d'une ligne, **<espace>** pour avancer d'une page, **<q>** pour sortir (interrompre l'affichage)
• **Octave**: mêmes touche que pour MATLAB, avec en outre: **<curseur-bas>** et **<curseur-haut>** pour avancer/reculer d'une ligne ; **<PageDown>** ou **<f>**, resp. **<PageUp>** ou **<b>** pour avancer/reculer d'une page ; **<1> <G>** pour revenir au début ; **<*n*> <G>** pour aller à la *n*-ième ligne ; **<G>** pour aller à la fin ; **/*chaîne*** pour rechercher *chaîne* ; **<n>** et **<N>** pour recherche occurence suivante/précédente de cette *chaîne* ; **<h>** pour afficher l'aide du pagineur

Menu **View>Toolbar**
Activation/désactivation de la barre d'outils de la fenêtre de commande MATLAB

Menu **Edit>Clear Session**
Efface le contenu de la fenêtre de commande MATLAB (sans détruire les variables du workspace courant)

format loose|compact
Activation ou suppression de l'affichage de lignes vides supplémentaires dans la fenêtre de commande (pour une mise en plage plus ou moins aérée). MATLAB et Octave sont par défaut en mode **loose** , donc affichage de lignes vides activé

Menu **File>Print**
Impression du contenu de la fenêtre de commande MATLAB (commandes MATLAB de la session courante et leurs résultats)

Menu **File>Preferences**
Définition des préférences MATLAB aux niveaux : **format** d'affichage numérique (voir plus bas), éditeur de M-file par défaut, police de de caractère (toujours prendre une police à espacement fixe telle que "Fixedsys" ou "Courier"), options de copie dans presse-papier (garder en principe "Window Metafile" qui est un format graphique vectorisé)

clc ou **home**
clc efface le contenu de la fenêtre de commande (**cl**ear **c**ommand window), et positionne le curseur en haut à gauche
home positionne le curseur en haut à gauche (et sous Octave efface en outre la fenêtre de commande)

PS1('*specification*')
Changement du prompt primaire de Octave ("invite" dans la fenêtre de commande Octave)
La *specification* est une chaîne pouvant notamment comporter les séquences spéciales suivantes :
\w : chemin complet (path) du répertoire courant
\# : numéro de commande (numéro incrémental)
\u : nom de l'utilisateur courant

`\H` : nom de la machine courante
Ex: la commande `PS1('\w \#> ')` modifie le prompt de façon qu'il affiche le répertoire courant suivi d'un <espace> puis du numéro de commande suivi de ">" et d'un <espace>

1.6.2 Caractères spéciaux dans les commandes MATLAB et Octave

La commande M `helpwin punct` décrit l'ensemble des caractères spéciaux MATLAB. Parmi ceux-ci, les caractères ci-dessous sont particulièrement importants.

Caractère	Description
`;`	• Suivie de ce caractère, une commande sera normalement exécutée (sitôt le `<enter>` frappé), mais son résultat ne sera pas affiché. Caractère faisant par la même occasion office de séparateur de commandes lorsque l'on saisit plusieurs commandes sur la même ligne • Utilisé aussi comme caractère de séparation des lignes d'une matrice lors de la définition de ses éléments
`,`	• Caractère utilisé comme séparateur de commande lorsque l'on souhaite passer plusieurs commandes sur la même ligne • Utilisé aussi pour délimiter les indices de ligne et de colonne d'une matrice • Utilisé également pour séparer les différents paramètres d'entrée et de sortie d'une fonction Ex: `a=4 , b=5` affecte les variables a et b et affiche le résultat de ces affectations ; tandis que `a=4 ; b=5` affecte aussi ces variable mais n'affiche que le résultat de l'affectation de b. `A(3,4)` désigne l'élément de la matrice A situé à la 3e ligne et 4e colonne

`...`
("ellipsis")
`\`
	• Utilisé en fin de ligne lorsque l'on veut continuer une instruction sur la ligne suivante (sinon la frappe de `<enter>` exécute l'instruction)

`:` ("colon")	• Opérateur de définition de séries (voir chapitre "**Séries**") et de plage d'indices de vecteurs et matrices Ex: `5:10` définit la série "5 6 7 8 9 10"
`%` ou O `#`	• Ce qui suit est considéré comme un commentaire (non évalué par MATLAB/Octave). Utile pour documenter un script ou une fonction (M-file) • Lorsqu'il est utilisé dans une chaîne, le caractère `%` débute une définition de format (voir chapitre "**Entrées-sorties**") Ex: commentaire : `r=5.5 % rayon en [cm]` ; format `sprintf('Rabais %2u%%', 25)`

`%{`
plusieurs lignes
de code...
`%}`
	• Dans un M-file, les séquences `%{` et `%}` délimitent un commentaire s'étendant sur plusieurs ligne (possible sous Octave depuis la version 3.2). Notez bien qu'il ne doit rien y avoir d'autre dans les 2 lignes contenant ces séquences `%{` et `%}` (ni avant ni après)

`'` (apostrophe)	• Caractère utilisé pour délimiter le début et la fin d'une chaîne de caractère • Également utilisé comme opérateur de transposition de matrice

Les séparateurs `<espace>` et `<tab>` ne sont en principe pas significatifs dans une expression (MATLAB/Octave travaille en "format libre"). Vous pouvez donc en mettre 0, 1 ou plusieurs, et les utiliser ainsi pour mettre en page ("indenter") le code de vos M-files.
Ex: `b=5*a` est équivalent à `b = 5 * a`

Pour nous-autres, utilisateurs d'ordinateurs avec clavier "Suisse-Français", rappelons que l'on forme ainsi les caractères suivants qui sont importants sous MATLAB (si vous n'avez pas de touche `<AltGr>` vous pouvez utiliser à la place la combinaison `<ctrl-alt>`) :

- pour `[` frapper `<AltGr-è>`
- pour `]` frapper `<AltGr-!>`
- pour `\` frapper `<AltGr-<>`
- pour `~` frapper `<AltGr-^>` suivi de `<espace>`

1.6.3 Rappel et édition des commandes, copier/coller

L'usage des **touches de clavier** suivantes permet de rappeler, éditer et exécuter des commandes MATLAB/Octave passées précédemment durant la session :

Touche	Description
`<curseur-haut>`	rappelle la ligne précédente
`<curseur-bas>`	rappelle la ligne suivante
`<curseur-gauche>`	déplace le curseur d'un caractère à gauche
`<curseur-droite>`	déplace le curseur d'un caractère à droite
`<ctrl-curseur-gauche>`	déplace le curseur d'un mot à gauche
`<ctrl-curseur-droite>`	déplace le curseur d'un mot à droite
`<Home>`	déplace le curseur au début de la ligne
`<End>`	déplace le curseur à la fin de la ligne
`<Backspace>`	détruit le caractère à gauche du curseur
`<Delete>`	détruit le caractère sous le curseur
`<ctrl-k>`	détruit les caractères depuis le curseur jusqu'à la fin de la ligne
M `<Esc>`	efface entièrement la ligne
`<Enter>` ou `<Return>`	exécute la commande courante

Voir en outre, en ce qui concerne **Octave**, le mécanisme de l'**historique** au chapitre "**Workspace**".

Pour **copier/coller** du texte (commandes, données...) dans la fenêtre de commandes, MATLAB et Octave offrent les mêmes possibilités mais avec une interface différente.

Fonction	M MATLAB	O Octave Windows	O Octave Linux (X-Window)	O Octave MacOS
Copier la sélection dans le "presse-papier"	`Edit>Copy` ou `<ctrl-C>`	Sélectionner, puis `<enter>`. Ou sélectionner puis bouton de `<droite>` de la souris	La `sélection` courante est automatiquement copiée dans le "presse-papier"	`Edit>Copy` ou `<cmd-C>` Si on a une souris à 3 boutons, on peut aussi utiliser la technique Linux
Coller le contenu du "presse-papier" à la position courante du curseur d'insertion	`Edit>Paste` ou `<ctrl-V>`	Bouton de `<droite>` de la souris Pour que cela fonctionne, le raccourci de lancement Octave doit être correctement configuré (voir chapitre "**Installation de Octave sous Windows**")	Bouton du `<milieu>` de la souris	`Edit>Paste` ou `<cmd-V>` Si on a une souris à 3 boutons, on peut aussi utiliser la technique Linux

1.6.4 Extension automatique ("completion") de noms de variables/fonctions /fichiers...

Les fenêtres de commande MATLAB/Octave offrent en outre (comme dans les shell Unix) un mécanisme dit de "**commands, variables & files completion**" : lorsque l'on entre un nom de fonction/commande, de variable ou de fichier, il est possible de ne frapper au clavier que les premiers caractères de celui-ci, puis utiliser la touche `<tab>` pour demander à MATLAB/Octave de compléter automatiquement le nom :

- M s'il y a une ambiguité avec une autre commande/fonction/variable (commençant par les mêmes caractères),

MATLAB affiche alors directement un "menu déroulant" contenant les différentes possibilités ; on sélectionne celle que l'on souhaite avec `<up>` ou `<down>`, puis on valide avec `<enter>`
- O si Octave ne complète rien, c'est qu'il y a une ambiguité avec une autre commande/fonction/variable (commençant par les mêmes caractères) : on peut alors compléter le nom au clavier, ou frapper une seconde fois `<tab>` pour qu'Octave affiche les différentes possibilités (et partiellement compléter puis represser `<tab>` ...)

1.6.5 Formatage des nombres dans la fenêtre de commandes

Dans tous les calculs numériques, MATLAB/Octave travaille toujours de façon interne en précision maximum, c'est-à-dire en **double précision** (voir plus haut). On peut choisir le format d'**affichage des nombres** dans la fenêtre de commande à partir du menu M `File>Preferences` sous l'onglet "General", ou à l'aide de la commande `format` :

Commande	Type d'affichage	Exemple
`format {short {e}}`	Affichage par défaut : notation décimale fixe à 5 chiffres significatifs Avec option `e` => notation décimale flottante avec exposant	72.346 7.2346e+001
`format long {e}`	Affichage précision max : 15 chiffres significatifs Avec option `e` => avec exposant	72.3456789012345 7.23456789012345e+001
`format bank`	Format monétaire (2 chiffres après virgule)	72.35
`format hex`	En base hexadécimale	4052161f9a65ee0f
`format rat`	Approximation par des expressions rationnelles (quotient de nombres entiers)	3.333... s'affichera 10/3

O Sous Octave seulement, on peut activer/désactiver le mécanisme d'affichage de vecteurs/matrices précédé ou non par un "facteur d'échelle". Toujours activé sous MATLAB, ce mécanisme n'est pas activé par défaut sous Octave.

Ex : la fonction `logspace(1,7,5)` affichera par défaut, sous Octave :

```
1.0000e+01   3.1623e+02   1.0000e+04   3.1623e+05   1.0000e+0
```

mais si on se met dans le mode `fixed_point_format(1)`, elle affichera (comme sous MATLAB) :

```
1.0e+07  *
0.00000  0.00003  0.00100  0.03162  1.00000
```

Remarquez le "facteur d'échelle" (de multiplication) `1.0e+07` de la première ligne.

Pour un contrôle plus pointu au niveau du formatage à l'affichage, voir les fonctions `sprintf` (string print formated) et `fprintf` (file print formated) (par exemple au chapitre "**Entrées-sorties**").

1.7 Les packages Octave-Forge

Les "**packages**" sont à Octave ce que les "**toolboxes**" sont à MATLAB. C'est à partir de la version 2.9.12 que l'architecture d'Octave implémente complètement les packages (Octave étant auparavant beaucoup plus monolithique).

Tous les packages Octave-Forge sont recensés et disponible en téléchargement via le dépôt (repository) officiel **http://octave.sourceforge.net/packages.php**. L'installation et l'utilisation d'un package consiste à :

1. le télécharger (depuis le site ci-dessus) => fichier de nom `package-version.tar.gz`
2. l'installer (une fois pour toutes) ; au cours de cette opération, les fichiers constituant le package seront "compilés" puis mis en place
3. le charger (s'il n'est pas en mode "autoload") dans le cadre de chaque session Octave où l'on veut l'utiliser

Depuis Octave 3.4, les étapes 1. et 2. peuvent être combinées avec la nouvelle option `-forge` (commande `pkg install -forge package`).

Si vous désirez **savoir dans quel package** est implémentée une **fonction** de nom donné (en vue d'installer ce package), vous pouvez consulter la liste des fonctions **http://octave.sourceforge.net/function_list.html** (catégorie "alphabetical"). Le nom du package est spécifié entre crochets à coté du nom de la fonction.

S'agissant des packages **installés**, la commande `which fonction` vous indiquera dans quel package ou quel *oct-file* la fonction spécifiée est implémentée, ou s'il s'agit d'une fonction builtin.

Nous décrivons ci-dessous les **commandes de base** relatives à l'installation et l'usage de packages Octave (voir `help pkg` pour davantage de détails).

`pkg list`
: Cette commande affiche la liste des packages **installés**. Outre le nom de chaque package, on voit en outre si ceux-ci sont chargés (signalé par `*`) ou non, leur numéro de version et leur emplacement.
Avec `[USER_PACKAGES, SYSTEM_PACKAGES]= pkg('list')` on stocke sur 2 tableaux cellulaires la liste et description des packages installés respectivement de façon locale (utilisateur courant) et globale (tous les utilisateurs de la machine)

`pkg list -forge`
: Affiche la liste des packages Octave disponibles **sur SourceForge** (nécessite connexion Internet)

`pkg describe {-verbose} package | all`
: Affiche une description du *package* spécifié (resp. de tous les packages installés). Avec l'option `-verbose`, la liste des fonctions du package est en outre affichée.

`pkg load|unload package | all`
: Cette commande charge (resp. décharge) le *package* spécifié (resp. tous les packages installés). De façon interne le chargement, qui rend "visibles" les fonctions du *package*, consiste simplement à ajouter au path Octave l'emplacement des fichiers du *package*.
Pour ne charger que les packages installés en mode "autoload", on peut faire `pkg load auto`

a) `pkg install {-local} {-auto} {-verbose} package-version.tar.gz`
b) `pkg install {...} -forge package`
: **a)** Installe le *package* spécifié à partir du fichier `package-version.tar.gz` préalablement téléchargé
b) Installe le *package* spécifié en le téléchargeant directement depuis SourceForge (nécessite connexion Internet)

• Octave tente d'installer le package de façon globale (i.e. pour tous les utilisateurs de la machine). Si vous n'êtes pas privilégié pour le faire, l'option `-local` installe le package pour l'utilisateur courant ; il est dans ce cas déposé dans le dossier `octave` se trouvant dans le "profile" de l'utilisateur (où un sous-dossier de nom `package-version` est créé). Dans le "profile" également, un fichier `.octave_packages` répertorie les packages locaux de l'utilisateur.
• Avec l'option `-auto`, le package est installé en mode "autoload", c'est-à-dire qu'il sera disponible, dans les sessions Octaves ultérieures, sans devoir le "charger".
• L'option `-verbose` est utile pour mieux comprendre ce qui se passe quand l'installation d'un package pose problème.
• La désinstallation d'un package se ferait avec `pkg uninstall package`

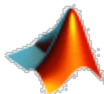
a) `pkg rebuild`
b) `pkg rebuild -noauto package(s)`

a) Cette commande reconstruit la base de donnée des packages à partir des répertoires de packages trouvés dans l'arborescence d'installation. Si l'on déplace le dossier d'installation Octave, il est ensuite nécessaire le lancer cette commande.
b) En plus de la reconstruction de la base de donnée des packages, on désactive ici l'autoload de certains *package(s)* à partir des prochaines sessions

Encore quelques remarques concernant le packaging Octave sous **GNU/Linux** :

- le package communément appelé "`octave`" proposé sur les dépôts (repositories) des différentes distributions Linux (Debian, Ubuntu, RedHat, Fedora...) ne contient plus que le Octave core (noyau Octave), donc sans les extensions/packages Octave-Forge (voir chapitre "**Installation de Octave-Forge sous GNU/Linux**")
- avant de tenter d'installer des "packages Octave" selon la technique décrite ci-dessus, commencez par voir si le dépôt de votre distro ne propose pas le(s) *package(s)* que vous cherchez, sous le nom "`octave-`*`package`*" (c'est le cas de l'architecture Octave sous Ubuntu depuis Ubuntu 9.04)

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 24-09-2012



2. Workspace, environnement, commandes générales

2.1 Workspace MATLAB/Octave

2.1.1 Sauvegarde et restauration du workspace et de variables

Les **variables** créées au cours d'une session MATLAB/Octave (interactivement depuis la fenêtre de commande MATLAB/Octave ou en exécutant des M-files...) résident en **mémoire** et constituent ce que l'on appelle le "**workspace**" (espace de travail). A moins d'être sauvegardées sur disque dans un "**MAT-file**", les variables sont perdues lorsque l'on termine la session.

Les MAT-files sont des fichiers **binaires** de *variables* qui sont identifiables sous MATLAB par leur extension `*.mat` (à ne pas confondre avec les "M-files" qui sont des fichiers-texte de *scripts* ou de *fonctions* et qui ont l'extension `*.m`), alors qu'avec Octave ils n'ont par défaut pas d'extension.

Il est important de comprendre ceci par rapport aux **formats et versions** de MAT-files : le type par défaut de fichier dans lequel Octave sauvegarde ses variables dépend de la valeur affectée à la fonction built-in Octave `default_save_options`

- lorsque Octave est démarré avec l'option `--traditional`, la valeur de "default_save_options" est `-mat-binary` qui désigne le format binaire de workspaces MATLAB V6, également lisible par MATLAB V7
- mais lorsque Octave est démarré sans option particulière, la valeur de "default_save_options" est `-text`, ce qui veut dire que les fichiers de variables sont sauvegardés dans un format texte propre à Octave et non lisible par MATLAB 5/6/7 ; dans ce cas il peut être fort utile, si l'on jongle souvent entre Octave et MATLAB, de changer ce réglage en plaçant la commande suivante dans son prologue Octave : `default_save_options('-mat-binary')`
- une autre possibilité consiste à spécifier explicitement le format lorsque l'on passe la commande `save` (voir ci-dessous), par exemple: `save -mat-binary` *`MAT-file`*`.mat`

`save {`*`format et option(s)`*`}` *`MAT-file`* `{`*`variable(s)`*`}`, ou menu `File>Save Workspace As`
: Sauvegarde, dans le *MAT-file* spécifié, de toutes les variables définies et présentes en mémoire, ou seulement de la(les) *variable(s)* spécifiées.

- **MATLAB** : Si l'on ne spécifie pas de nom de *MAT-file*, cette commande crée un fichier de nom `matlab.mat` dans le répertoire courant. Si l'on spécifie un nom sans extension, le fichier aura l'extension `.mat`. Si le *MAT-file* spécifié existe déjà, il est écrasé, à moins que l'on utilise l'option `-append` qui permet d'ajouter des variables dans un fichier de workspace existant. Sans spécifier d'option particulière, MATLAB V7 utilise un nouveau format binaire `-V7` spécifique à cette version.

- **Octave** : Il est nécessaire de spécifier un nom de *MAT-file*. Si l'on ne spécifie pas d'extension, le fichier n'en aura pas (donc pas d'extension `.mat`, contrairement à MATLAB => nous vous conseillons de prendre l'habitude de spécifier l'extension `.mat`). Sans spécifier d'option particulière, Octave 3 utilise le format défini par la fonction built-in `default_save_options` (voir plus haut)

- Le paramètre *`format`* peut notamment prendre l'une des valeurs suivantes (voir `help save`) :
  - `-V6` ou `-mat-binary` : format binaire MATLAB V6 (double précision)
  - (pas d'option) ou `-mat7-binary` ou `-V7` : format binaire MATLAB V7 (double précision)
  - `-ascii` : format texte brute (voir plus bas)
  - `-binary` : format binaire propre à Octave (double précision)
  - `-text` : format texte propre à Octave

`load` *`MAT-file`* `{`*`variable(s)`*`}`, ou menu `File>Open`
: Charge en mémoire, à partir du *MAT-file* spécifié, toutes les variables présentes dans ce fichier, ou seulement celles spécifiées.

- **MATLAB** : Il n'est pas besoin de donner l'extension `.mat` lorsque l'on spécifie un *MAT-file*. Si l'on ne spécifie pas de *MAT-file*, cette commande charge le fichier de nom `matlab.mat` se trouvant dans le

répertoire courant (par défaut "Z:\" en ce qui concerne les salles d'enseignement ENAC-SSIE).

- **Octave** : Dans les anciennes versions (2.1.42), il était nécessaire de spécifier le nom de *MAT-file* avec son éventuelle extension (Octave ne recherchant pas automatiquement les fichiers `*.mat` lorsque l'on ne spécifiait pas d'extension). Ce n'est plus le cas maintenant.

`who{s} {variable(s)} -file MAT-file`

Permet, sous MATLAB, de lister les variables du *MAT-file* spécifié plutôt que celles du workspace courant
Sous Octave, on ne peut pas spécifier de variables

Au cours d'une longue session MATLAB (particulièrement lorsque l'on créée/détruit de gros vecteurs/matrices), l'espace mémoire (workspace) peut devenir très **fragmenté** et empêcher la définition de nouvelles variables. Utiliser dans ce cas la commande ci-dessous.

`pack`

Défragmente/consolide le workspace (garbage collector). MATLAB réalise cela en sauvegardant toutes les variables sur disque, en effaçant la mémoire, puis rechargeant les variables en mémoire. Cette fonction existe aussi sous Octave (pour des raisons de compatibilité avec MATLAB) mais ne fait rien de particulier.

2.1.2 Sauvegarde et chargement de variables via des fichiers-texte

Lorsqu'il s'agit d'**échanger des données** entre MATLAB/Octave et d'**autres logiciels** (tableur/grapheur, logiciel de statistique, SGBD...), les MAT-files standards ne conviennent pas, car sont des fichiers binaires. Une solution consiste à utiliser la commande `save` avec l'option `-ascii` pour sauvegarder les variables MATLAB/Octave sous forme de **fichiers-texte** (ASCII), mais cette technique ne convient que si l'on sauvegarde 1 variable par fichier. En outre les types d'**objets un peu particuliers** (tableaux multidimensionnels, structures, tableaux cellulaires) ne peuvent **pas être sauvegardés sous forme texte**.

`save -ascii fichier_texte variable(s)`

Sauvegarde, sur le *fichier_texte* spécifié (qui est écrasé s'il existe déjà), de la (des) *variable(s)* spécifiée(s).
Les nombres sont écrits en notation scientifique avec **8 chiffres** significatifs, à moins d'ajouter l'option `-double` (sous Octave depuis version 3.2) qui écrit alors en double précision (**16 chiffres** significatifs). Les vecteurs-ligne occupent 1 ligne dans le fichier, les vecteurs colonnes et les matrices plusieurs lignes. Lorsqu'une ligne comporte plusieurs nombres, ceux-ci sont délimités par des `<espace>`, à moins d'utiliser l'option M `-tabs` qui insère alors des caractères `<tab>`. Les chaînes de caractères sont écrites sous forme de nombres (succession de codes ASCII pour chaque caractère).
Il est fortement **déconseillé** de sauvegarder simultanément **plusieurs variables**, car ce format de stockage ASCII ne permet pas de les différencier facilement les unes des autres (l'exemple ci-dessous est parlant !).

Ex : Définissons les variables suivantes :
`nb=123.45678901234 ; vec=[1 2 3] ; mat=[4 5 6;7 8 9] ; str='Hi !' ;`
La commande `save -ascii fichier.txt` génèrera alors grosso modo (différences, entre MATLAB et Octave, dans l'ordre des variables !) le fichier ci-dessous. N'ayant ici pas spécifié de noms de variable dans la commande, toutes les variables du workspace sont écrites (`mat` , `nb` , `str` , `vec`) :

```
4.0000000e+000  5.0000000e+000  6.0000000e+000
7.0000000e+000  8.0000000e+000  9.0000000e+000
1.2345679e+002
7.2000000e+001  1.0500000e+002  3.2000000e+001  3.3000000e+001
1.0000000e+000  2.0000000e+000  3.0000000e+000
```

`load {-ascii} fichier_texte`

Charge les données numériques provenant du *fichier_texte* spécifié. L'option `-ascii` est facultative (le mode de lecture ASCII étant automatiquement activé si le fichier spécifié est de type texte).
Le chargement s'effectue sur **une seule** variable de nom identique au nom du fichier (mais sans son extension).
Les données du *fichier-texte* ne peuvent être que numériques (pas de chaînes) et seront délimitées par un ou plusieurs `<espace>` ou `<tab>`. S'agissant de matrices, chaque ligne du fichier donnera naissance à une ligne de la matrice ; il doit donc y avoir exactement la même quantité de nombres dans chaque ligne du fichier !

`variable = load('fichier_texte') ;`

A la différence de la commande `load` précédente, les données du *fichier-texte* sont chargées sur la *variable* de nom spécifié (et non pas sur une variable de nom identique au nom du fichier-texte).

Voici une **technique alternative** offrant un petit peu plus de finesses (délimiteur...) :

`dlmwrite(fichier_texte, variable, {délimiteur {, nb_row {, nb_col } } })`
Sauvegarde, sur le *fichier_texte* spécifié (qui est écrasé s'il existe déjà), la `variable` spécifiée (en principe une matrice). Utilise par défaut, entre chaque colonne, le séparateur `,` (virgule), à moins que l'on spécifie un autre `délimiteur` (p.ex. `'\t'` pour le catactère de tabulation). Ajoute éventuellement (si spécifié dans la commande) `nb_col` caractères de séparation au début de chaque ligne, et `nb_row` lignes vides au début du fichier.
Voir aussi la fonction analogue `csvwrite` (sous Octave dans le package "io").

`variable = dlmread(fichier_texte, {délimiteur {, nb_row {, nb_col } } } )`
Charge, sur la *variable* spécifiée, les données numériques provenant du *fichier_texte* indiqué. S'attend à trouver dans le fichier, entre chaque colonne, le séparateur `,` (virgule), à moins que l'on spécifie un autre `délimiteur` (p.ex. `'\t'` pour le catactère de tabulation. Avec les paramètres `nb_row` et `nb_col`, on peut définir le cas échéant à partir de quelle ligne et colonne (indexation à partir de zéro et non pas 1) il faut lire
Voir aussi les fonctions analogues `csvwrite` et `csvread` (sous Octave dans le package "io").

Un dernier truc simple pour **récupérer des données numériques** (depuis un fichier texte) sur des variables MATLAB/Octave consiste à enrober 'manuellement' ces données dans un **M-file** (script) et l'exécuter.

Ex: **A)** Soit le fichier de données `fich_data.txt` ci-dessous contenant les données d'une matrice, que l'on veut charger sur `M`, et d'un vecteur, que l'on veut charger sur `V` :

```
    1    2    3
    4    5    6
    9    8    7

    22   33   44
```

B) Il suffit de renommer ce fichier `fich_data.m`, y intercaler les lignes (en gras ci-dessous) de définition de début et de fin d'affectation :

```
M = [ ...
      1    2    3
      4    5    6
      9    8    7
] ;

V = [ ...
      22   33   44
] ;
```

C) Puis exécuter ce fichier sous MATLAB/Octave en frappant la commande `fich_data`

On voit donc, par cet exemple, que le caractère <newline> a le même effet que le caractère `;` pour délimiter les lignes d'une matrice.

Pour manipuler directement des **feuilles de calcul** binaires (classeurs) **OpenOffice.org Calc** (ODS) ou **MS Office Excel** (XLS), mentionnons encore les fonctions suivantes :

- sous Matlab et Octave : MS Excel : `xlsopen`, `xlsclose`, `xlsfinfo`, `xlsread`, `xlswrite`
- spécifiquement sous Octave : OOo Calc : `odsopen`, `odsclose`, `odsfinfo`, `odsread`, `odswrite`
- spécifiquement sous Octave : MS Excel: `oct2xls`, `xls2oct` ; OOo Calc: `oct2ods`, `ods2oct`

Sous Octave, il faut noter que les accès MS Excel dépendent des interfaces Excel/COM ou du package "java", et les accès OOo Calc dépendent du package "java".

Et finalement, pour réaliser des **opérations plus sophistiquées** de lecture/écriture de **données externes**, on renvoie le lecteur au chapitre "**Entrées-sorties**" présentant d'autres fonctions MATLAB/Octave plus pointues (telles que `textread`, `fscanf`, `fprintf` ...)

2.1.3 Journal de session MATLAB/Octave

Les commandes présentées plus haut ne permettent de sauvegarder/recharger que des variables. Si l'on veut **sauvegarder les commandes** passées au cours d'une session MATLAB/Octave ainsi que l'output produit par ces commandes, on peut utiliser la commande `diary` qui crée un "journal" de session dans un fichier de type texte. Ce serait une façon simple pour créer un petit script MATLAB/Octave ("M-file"), c'est-à-dire un fichier de commandes MATLAB que l'on pourra exécuter lors de sessions ultérieures (voir chapitre "**Generalités**" sur les M-files). Dans cette éventualité, lui donner directement un nom se terminant par l'extension "`*.m`", et n'enregistrer alors dans ce fichier que les commandes (et pas leurs résultats) en les terminant par le caractère `;`

diary {*fichier_texte*} **{on}**
MATLAB/Octave enregistre, dès cet instant, toutes les commandes subséquentes et leurs résultats dans le *fichier_texte* spécifié. Si ce fichier existe déjà, il n'est pas écrasé mais complété (mode append). Si l'on ne spécifie pas de fichier, c'est un fichier de nom " **diary** " dans le répertoire courant (qui est par défaut "Z:\" en ce qui concerne les salles d'enseignement ENAC-SSIE) qui est utilisé. Si l'on ne spécifie pas **on** , la commande agit comme une bascule (activation-désactivation-activation...)

diary off
Désactive l'enregistrement des commandes subséquentes dans le *fichier_texte* précédement spécifié (ou dans le fichier " **diary** " si aucun nom de fichier n'avait été spécifié) et ferme ce fichier. Il faut ainsi le fermer pour pouvoir l'utiliser (le visualiser, éditer...)

diary
Passée sans paramètres, cette commande passe de l'état **on** à **off** ou vice-versa ("bascule") et permet donc d'activer/désactiver à volonté l'enregistrement dans le journal.

2.1.4 Historique Octave

Indépendemment du mécanisme standard de "journal", **Octave** gère en outre un **historique** en enregistrant automatiquement, dans le répertoire profile (Windows) ou home (Unix) de l'utilisateur, un fichier **.octave_hist** contenant toutes les commandes (sans leur output) qui ont été passées au cours de la session et des sessions précédentes. Cela permet, à l'aide des commandes habituelles de rappel et édition de commandes (**<curseur haut>** , etc...), de retrouver des commandes passées lors de sessions précédentes. En relation avec cet "historique", on peut utiliser les commandes suivantes :

history {-q} {*n*}
Affiche la liste des commandes de l'historique Octave. Avec l'option **-q** , les commandes ne sont pas numérotées. En spécifiant un nombre *n* , seules les *n* dernières commandes de l'historique sont listées.

run_history *n1* {*n2*}
Exécute la *n1* -ème commande de l'historique, ou les commandes *n1* à *n2*

<Ctrl-R>
Permet de faire une recherche dans l'historique

history_size(0)
Effacera tout l'historique lorsqu'on quittera Octave

Différentes fonctions built-in Octave permettent de paramétrer le mécanisme de l'historique (voir l'aide) :

- **history_file** : emplacement et nom du fichier historique (donc par défaut **.octave_hist** dans le profile ou home de l'utilisateur)
- **history_size** : taille de l'historique (nombre de commandes qui sont enregistrées, par défaut 1024)

2.2 Environnement MATLAB/Octave

2.2.1 Généralités

En simplifiant un peu, on peut dire que MATLAB et Octave procèdent de la façon suivante lorsqu'ils évaluent les commandes, fonctions et expressions passées par l'utilisateur. Prenons le cas où l'utilisateur fait référence au nom "xxx" :

1. MATLAB/Octave cherche s'il existe une variable nommée "xxx" dans le **workspace**
2. s'il n'a pas trouvé, il cherche si "xxx" est une fonction **built-in** (définie au niveau du noyau MATLAB/Octave)
3. s'il n'a pas trouvé, il recherche un M-file nommé "xxx.m" (script ou fonction) dans le **répertoire courant** de l'utilisateur
4. s'il n'a pas trouvé, il parcourt, dans l'ordre, les différents répertoires définis dans le "**path de recherche**" MATLAB/Octave (`path`) à la recherche d'un M-file (i.e. d'une fonction) nommé "xxx.m"
5. et finalement si rien n'est trouvé, MATLAB/Octave affiche une **erreur**

Cet ordre de recherche entraîne que les définitions réalisées par l'utilisateur priment sur les définitions de base de MATLAB/Octave !
Ex: si l'utilisateur définit une variable `sqrt=444` , il ne peut plus faire appel à la fonction MATLAB/Octave `sqrt` (racine carrée) ; pour `sqrt(2)` , MATLAB rechercherait alors le 2e élément du vecteur `sqrt` qui n'existe pas, ce qui provoquerait une erreur ; pour restaurer la fonction `sqrt` , il faut effacer la variable avec `clear sqrt` .

Il ne faut, par conséquent, jamais créer de variables ayant le même nom que des fonctions MATLAB/Octave prédéfinies. Comme MATLAB/Octave est case-sensitive et que pratiquement toutes les fonctions sont définies en minuscules, on évite ce problème en mettant par exemple en majuscule le 1er caractère du nom pour des variables qui pourraient occasionner ce genre de conflit.

2.2.2 Path de recherche

Le "**path de recherche**" MATLAB/Octave indique le "chemin" d'accès aux différents répertoires où se trouvent les scripts et fonctions (M-files) invoqués par l'utilisateur (que ce soit interactivement ou via des scripts/fonctions). Les commandes ci-dessous permettent de visualiser/modifier le path, ce qui est utile pour pouvoir accéder à vos propres fonctions implémentées dans des M-files situés dans un autre répertoire que le répertoire courant.

Pour que vos adaptations du path de recherche MATLAB/Octave soient **prises en compte** dans les **sessions ultérieures**, il est nécessaire de placer ces commandes de changement dans votre **prologue** MATLAB M `startup.m` ou Octave O `.octaverc` (voir chapitre "**Démarrer et quitter MATLAB ou Octave**"). Elles seront ainsi automatiquement appliquées au début de chaque session MATLAB/Octave.

Rappelons encore que le path est automatiquement modifié, sous Octave, lors du chargement/déchargement de packages (voir chapitre "**Packages**").

`path`
`variable = path`
: Affiche le "path de recherche" courant (ou l'affecte à la *variable* de type chaîne spécifiée)
Voir aussi la fonction `pathdef` qui retourne le path sous forme d'une seule chaîne (concaténation de tous les paths)

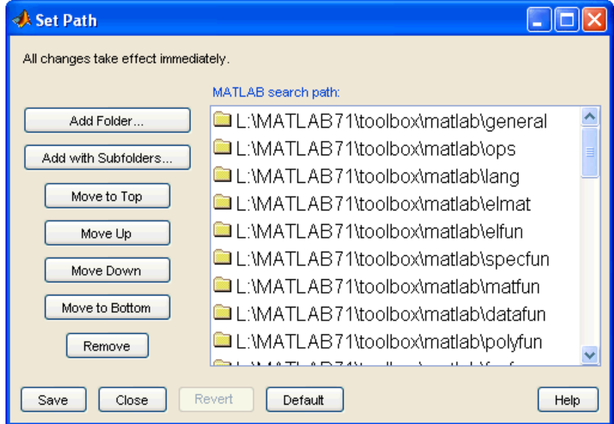
`addpath('chemin(s)' {,-end})`
: Cette commande **ajoute**, en tête du path de recherche courant (ou en queue du path si l'on utilise l'option `-end`), le(s) *chemin(s)* spécifié(s), pour autant qu'ils correspondent à des répertoires existants.
Ex (ici sous Windows): `addpath('Z:\fcts','Z:\fcts bis')`

`rmpath('chemin1'{,'chemin2'...})`
: Supprime du path de recherche MATLAB/Octave le(s) *chemin(s)* spécifié(s).
Ex (ici sous Windows): `rmpath('Z:\mes fcts')`

`genpath('chemin')`
: Retourne le path formé du *chemin* spécifié et de tous ses sous-répertoires (récursivement).
Ex (ici sous Unix): `addpath(genpath('/home/dupond/mes_fcts'))` ajoute au path de recherche courant le dossier `/home/dupond/mes_fcts` **et** tous ses sous-dossiers !

M `pathtool` , ou M `editpath` , ou menu M `File>Set Path`

Affichage de la fenêtre MATLAB "Set Path" (voir illustration ci-dessous) qui permet de voir et de modifier avec une interface utilisateur graphique le path de recherche.



Path Browser MATLAB 7

`path('`*`chemin1`***`'{,'`***`chemin2`***`'})`**

Commande dangereuse (utiliser plutôt **`addpath`**) qui **redéfinirait** (écraserait) entièrement le path de recherche en concaténant les paths *chemin1* et *chemin2*. Retourne une erreur si *chemin1* et/ou *chemin2* ne correspondent pas à des répertoires existants.

Ex (ici sous Unix): **`path(path,'/home/dupond/mes_fcts')`** : dans ce cas ajoute, en queue du path de recherche courant, le chemin **`/home/dupond/mes_fcts`**. Si le chemin spécifié était déjà défini dans le path courant, la commande **`path`** ne l'ajoute pas une nouvelle fois.

`which` *`M-file`* **`|`** *`fonction`*
`which` *`fichier`*

Affiche le chemin et nom du *M-file* spécifié ou dans lequel est définie la *fonction* spécifiée.
Affiche le chemin du *fichier* spécifié.

`type` *`fonction`*

Affiche le contenu du fichier *`fonction`***`.m`** dans lequel est définie la *fonction* spécifiée.

2.2.3 Répertoire courant

Le "**répertoire courant**" est le répertoire dans lequel MATLAB/Octave recherche en premier lieu les M-files (avant de parcourir les autres répertoires désignés dans le path de recherche, et ceci parce que le 1er chemin figurant dans le path de recherche est toujours "**`.`**" qui désigne justement le répertoire courant !). C'est également là qu'il lit et écrit les MAT-file et autres fichiers lorsque l'utilisateur ne spécifie pas de répertoire en particulier.

Pour indiquer quel doit être, en **début de session**, le répertoire courant (où sera aussi recherché le prologue utilisateur) :

- sous **Windows** : afficher les propriétés du raccourci de lancement de MATLAB ou de Octave, puis dans l'onglet "Raccourci" définir le path de ce répertoire au niveau du champ "Démarrer dans"
- sous **Unix** : dans la fenêtre shell depuis laquelle on va lancer Octave, il suffit de se positionner dans le répertoire en question avec la commande Unix **`cd`** ; une autre possibilité consisterait par exemple à faire un alias de démarrage Octave exécutant : **`octave --eval "cd '`***`path`***`'" --persist`**

Dans le cas des salles d'enseignement ENAC-SSIE, le répertoire courant est, en début de session, le répertoire principal "My Documents" de l'utilisateur (dont le chemin d'accès sous Windows est "Z:\", et sous Linux "/home/*username*/myfiles/My Documents").

Les **commandes** relatives à la question du répertoire courant sont les suivantes :

`pwd`
`variable` **`= pwd`**

Affiche (ou stocke sur la *variable* spécifiée) le chemin d'accès du **répertoire courant**

`cd {`*`chemin`***`}`**

Change de répertoire courant en suivant le *chemin* (absolu ou relatif) spécifié. Si ce *chemin* contient des espaces, ne pas oublier de l'entourer d'apostrophes. Notez que, passée sans spécifier de *chemin*, cette commande affiche sous MATLAB le chemin du répertoire courant, alors que sous Octave elle renvoie l'utilisateur

dans son répertoire home.

Ex:
- `cd mes_fonctions` : descend d'un niveau dans le sous-répertoire "mes_fonctions" (chemin relatif)
- `cd ..` : remonte d'un niveau (chemin relatif)
- sous Windows: `cd 'Z:\fcts matlab'` : passe dans le répertoire spécifié (chemin absolu)
- sous Unix: `cd '/home/durant'` : passe dans le répertoire spécifié (chemin absolu)

Pour être **automatiquement** positionné, en **début de session**, dans un répertoire donné, vous pouvez introduire une telle commande de changement de répertoire dans votre prologue MATLAB M `startup.m` ou Octave O `.octaverc` (exécuté automatiquement au début de chaque session).

2.3 Commandes MATLAB/Octave en relation avec le système d'exploitation

Remarques préliminaires concernant les commandes ci-dessous :

- lorsque l'on doit spécifier un *fichier*, on peut/doit faire précéder le nom de celui-ci par un *chemin* si le fichier n'est pas dans le répertoire courant
- le séparateur de répertoires est `\` sous Windows (bien que certaines commandes acceptent le `/`), et `/` sous Linux ou MacOS ; ci-dessous, on utilise partout `\` pour simplifier

`dir {chemin\}{fichier(s)}`
`ls {chemin\}{fichier(s)}`

Affiche la liste des fichiers du répertoire courant, respectivement la liste du(des) *fichier(s)* spécifiés du répertoire courant ou du répertoire défini par le *chemin* spécifié.
• On peut aussi obtenir des informations plus détaillées sur chaque fichiers en passant par une *structure* avec l'affectation `structure = dir` (implémenté sous Octave depuis la version 3.2.0)
• Sous Octave, la présentation est différente selon que l'on utilise `dir` ou `ls`. En outre avec Octave sous Linux, on peut faire `ls -l` pour un affichage détaillé à la façon Unix (permissions, propriétaire, date, taille...)

`readdir('chemin')`
`glob('{chemin\}pattern')`

Retourne, sous forme de vecteur-colonne cellulaire de chaînes, la liste de tous les fichiers/dossiers du répertoire courant (ou du répertoire spécifié par *chemin*). Avec `glob`, on peut filtrer sur les fichiers dont le nom correspond à la *pattern* indiquée (dans laquelle on peut utiliser le caractère de substitution `*`)

`[status, msg_struct, msg_id] = fileattrib('fichier')`
`attr_struct = stat('fichier')`

Retourne, sous forme de structure *msg_struct* ou *attr_sctuct*, les informations détaillées relatives au *fichier* spécifié (permissions, propriétaire, taille, date...)

`what {chemin}`

Affiche la liste des fichiers MATLAB/Octave (M-files, MAT-files et P-files) du répertoire courant (ou du répertoire défini par le *chemin* spécifié)

`type {chemin\}fichier`

Affiche le contenu du *fichier*-texte spécifié.

`copyfile('fich_source', 'fich_destin')`

Effectue une copie du *fich_source* spécifié sous le nom *fich_destin*

`movefile('fichier', 'nouv_nom_fichier')` ou `rename('fichier','nouv_nom_fichier')`
`movefile('fichier', 'chemin')`

Renomme *fichier* spécifié en *nouv_nom_fichier*
Déplace *fichier* dans le répertoire spécifié par *chemin*

`delete fichier(s)`
`unlink('fichier')`

Détruit le(s) *fichier(s)* spécifié(s)

`mkdir('sous-répertoire')` ou `mkdir sous-répertoire`

Crée le sous-*répertoire* spécifié

`rmdir('sous-répertoire')` ou `rmdir sous-répertoire`

Détruit le sous-*répertoire* spécifié (pour autant qu'il soit vide !)

[*status*, *output*] = `system('commande du système d'exploitation')`
`! commande du système d'exploitation { & }`

La *commande* spécifiée est passée à l'interpréteur de commandes du système d'exploitation, et l'output de celle-ci est affiché dans la fenêtre de commande MATLAB (ou, en ce qui concerne MATLAB, dans une fenêtre de commande Windows si l'on termine la commande par le caractère `&`) ou sur la variable *output*
Ex (ici pour Windows) : `! rmdir répertoire` : détruit le sous-*répertoire* spécifié

[*status*, *output*] = `dos('commande {&}' {,'-echo'})`
Sous Windows, exécute la *commande* spécifiée du système d'exploitation (ou un programme quelconque) et affecte sa sortie standard à la variable *output* spécifiée. Sans l'option `-echo`, la sortie standard de la commande n'est pas affichée dans la fenêtre de commande MATLAB
Ex :
`dos('copy fich_source fich_destin')` : copie *fich_source* sous le nom *fich_destin*
`[status, output]=dos('script.bat');` affecte à la variable "output" la sortie de "script.bat"

[*status*, *output*] = `unix(...)`
Sous Unix, commande analogue à la commande `dos` ...

[*output*, *status*] = `perl(script, param1, param2 ...)`
Exécute le *script* Perl spécifié en lui passant les arguments *param1*, *param2*...
Sous Octave, implémenté depuis la version 3.2.0

`computer`
Retourne une chaîne indiquant le *type de machine* sur laquelle on exécute MATLAB/Octave. On y voit apparaître le système d'exploitation.

`version`
Retourne une chaîne indiquant le *numéro de version* de MATLAB/Octave que l'on exécute

`ver`
Retourne plusieurs lignes d'information : version de MATLAB/Octave, liste des toolboxes MATLAB installées, respectivement liste des packages Octave installés

O `OCTAVE_HOME`
`matlabroot`
Retourne le chemin de la racine du dossier où est installé MATLAB ou Octave

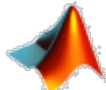
variable = `getenv('variable_environnement')`
Affiche (ou stocke sur la *variable* spécifiée) la *variable d'environnement* indiquée. Les noms de ces variables, propres au système d'exploitation, sont généralement en majuscule.
O Il ne faut pas confondre ces variables d'environnement système avec les variables spécifiques Octave produites (depuis Octave 2.9) par des **fonctions** built-ins, p.ex: `OCTAVE_VERSION`, `EDITOR` ...

Ex: `getenv('USERNAME')` affiche le nom de l'utilisateur (variable d'environnement système)

O `putenv('variable_environnement','valeur')`
Spécifique à Octave, cette commande permet de définir ou modifier une *variable d'environnement*.

Ex: sous MacOS `putenv('GNUTERM','x11')` change l'environnement graphique de Gnuplot de "aqua" à "x11" (X-Window)

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 21-09-2012



3. Scalaires, constantes, opérateurs et fonctions de base

3.1 Scalaires et constantes

MATLAB/Octave ne différencie fondamentalement pas une matrice d'un vecteur ou d'un scalaire, et ces éléments peuvent être redimensionnés dynamiquement. Une variable **scalaire** n'est donc, en fait, qu'une variable matricielle "dégénérée" de 1x1 élément (vous pouvez le vérifier avec `size(variable_scalaire)`).

Ex de définition de scalaires : `a=12.34e-12` , `w=2^3` , `r=sqrt(a)*5` , `s=pi*r^2` , `z=-5+4i`

MATLAB/Octave offre un certain nombre de **constantes** utiles. Celles-ci sont implémentées par des "built-in functions" . Le tableau ci-dessous énumère les constantes les plus importantes.

Constante	Description
`pi`	3.14159265358979 (la valeur de "pi")
`i` ou `j`	racine de -1 (`sqrt(-1)`) (nombre imaginaire)
`e` ou `exp(1)`	2.71828182845905 (la valeur de "e")
`Inf` ou `inf`	infini (par exemple le résultat du calcul `5/0`)
`NaN` ou `nan`	indéterminé (par exemple le résultat du calcul `0/0`)
`NA`	valeur manquante
`realmin`	env. 2.2e^{-308} : le plus petit nombre positif utilisable (en virgule flottante double précision)
`realmax`	env. 1.7e^{+308} : le plus grand nombre positif utilisable (en virgule flottante double précision)
`eps`	env. 2.2e^{-16} : c'est la précision relative en virgule flottante double précision (ou le plus petit nombre représentable par l'ordinateur qui est tel que, additionné à un nombre, il crée un nombre juste supérieur)
`true`	vrai ou `1` ; mais n'importe quelle valeur différente de `0` est aussi "vrai" Ex: si `nb` vaut `0` , la séquence `if nb, disp('vrai'), else, disp('faux'), end` retourne "faux", mais si `nb` vaut n'importe quelle autre valeur, elle retourne "vrai"
`false`	faux ou `0`

MATLAB/Octave manipule en outre des **variables spéciales** de nom prédéfini. Les plus utiles sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Variable	Description
`ans`	variable sur laquelle MATLAB retourne la valeur d'une expression qui n'a pas été affectée à une variable (ou nom de variable par défaut pour les résultats)
`nargin`	nombre d'arguments passés à une fonction
`nargout`	nombre d'arguments retournés par une fonction

3.2 Opérateurs de base

La commande `helpwin ops` décrit l'ensemble des opérateurs et caractères spéciaux sous MATLAB (aussi valable sous Octave).

3.2.1 Opérateurs arithmétiques de base

Les **opérateurs arithmétiques** de base sous MATLAB/Octave sont les suivants (voir le chapitre "**Opérateurs matriciels**" pour leur usage dans un contexte matriciel) :

Opérateur ou fonction	Description	Précédence
`+` ou fonction `plus`	Addition	4
{var2=} `++` *var1* {var2=}*var1* `++`	Pré- ou post-incrémentation (seulement sous Octave) : • pré-incrémentation: incrémente d'abord *var1* de 1, **puis** affecte le résultat à *var2* (ou l'affiche, si *var2* n'est pas spécifiée et que l'instruction n'est pas suivie de `;`) ; donc équivalent à `var1=var1+1; var2=var1;` • post-incrémentation: affecte d'abord *var1* à *var2* (ou affiche la valeur de *var1* si *var2* n'est pas spécifiée et que l'instruction n'est pas suivie de `;`), **puis** incrémente *var1* de 1 ; donc équivalent à `var2=var1; var1=var1+1;` Si *var1* est un vecteur ou une matrice, agit sur tous ses éléments.	
`-` ou fonction `minus`	Soustraction	4
{var2=} `--` *var1* {var2=}*var1* `--`	Pré- ou post-décrémentation (seulement sous Octave) : • pré-décrémentation: décrémente d'abord *var1* de 1, **puis** affecte le résultat à *var2* (ou l'affiche, si *var2* n'est pas spécifiée et que l'instruction n'est pas suivie de `;`) ; donc équivalent à `var1=var1-1; var2=var1;` • post-décrémentation: affecte d'abord *var1* à *var2* (ou affiche la valeur de *var1* si *var2* n'est pas spécifiée et que l'instruction n'est pas suivie de `;`), **puis** décrémente *var1* de 1 ; donc équivalent à `var2=var1; var1=var1-1;` Si *var1* est un vecteur ou une matrice, agit sur tous ses éléments.	
`*` ou fonction `mtimes`	Multiplication	3
`/` ou fonction `mrdivide`	Division	3
`\` ou fonction `mldivide`	Division à gauche Ex: `14/7` est équivalent à `7\14`	3
`^` ou fonction `mpower` ou `**`	Puissance Ex: `4^2` => 16, `64^(1/3)` => 4 (racine cubique)	2
`( )`	Parenthèses (pour changer ordre de précédence)	1

Les expressions sont évaluées de gauche à droite avec l'**ordre de précédence** habituel : puissance, puis multiplication et division, puis addition et soustraction. On peut utiliser des parenthèses `( )` pour modifier cet ordre (auquel cas l'évaluation s'effectue en commençant par les parenthèses intérieures).
Ex: `a-b^2*c` est équivalent à `a-((b^2)*c)` ; mais `8 / 2*4` retourne 16, alors que `8 /(2*4)` retourne 1

L'usage des fonctions plutôt que des opérateurs s'effectue de la façon suivante :
Ex: à la place de `4 - 5^2` on pourrait par exemple écrire `minus(4,mpower(5,2))`

3.2.2 Opérateurs relationnels

Les **opérateurs relationnels** permettent de faire des **tests numériques** en construisant des "*expressions logiques*", c'est-à-dire des expressions retournant les valeurs vrai ou faux. Rappel: dans MATLAB/Octave, la valeur faux est `false` ou `0`, et la valeur vrai est `true` ou `1` voire n'importe quelle valeur différente de `0`.

Les opérateurs de test ci-dessous "pourraîent" être appliqués à des **chaînes de caractères**, mais pour autant que la taille des 2 chaînes (membre de gauche et membre de droite) soit identique ! Cela retourne alors un vecteur logique (avec autant de 0 ou de 1 que de caractères dans ces chaînes). Pour tester l'égalité exacte de chaînes de longueur quelconque, on utilisera plutôt les fonctions `strcmp` ou `isequal` (voir chapitre "**Chaînes de caractères**").

Les opérateurs relationnels MATLAB/Octave sont les suivants (voir M `helpwin relop`) :

Opérateur ou fonction	Description
`==` ou fonction `eq`	Test d'égalité
`~=` ou O `!=` ou fonction `ne`	Test de différence
`<` ou fonction `lt`	Test d'infériorité
`>` ou fonction `gt`	Test de supériorité
`<=` ou fonction `le`	Test d'infériorité ou égalité
`>=` ou fonction `ge`	Test de supériorité ou égalité

Ex:
- si l'on a `a=3, b=4, c=3`, l'expression `a==b` ou la fonction `eq(a,b)` retournent alors "0" (faux), et `a==c` ou > `eq(a,c)` retournent "1" (vrai)
- si l'on définit le vecteur `A=1:5`, l'expression `A>3` retourne alors le vecteur [0 0 0 1 1]
- le test `'abc'=='axc'` retourne le vecteur [1 0 1] ; mais le test `'abc'=='vwxyz'` retourne une erreur (chaînes de tailles différentes)

3.2.3 Opérateurs logiques

Les **opérateurs logiques** ont pour arguments des *expressions logiques* et retournent les valeurs logiques vrai (`1`) ou faux (`0`). Les opérateurs logiques principaux sont les suivants (voir M `helpwin relop`) :

Opérateur ou fonction	Description
`~` *expression* `not` (*expression*) O `!` *expression*	**Négation** logique (rappel: NON 0 => 1 ; NON 1 => 0)
expression1 `&` *expression2* `and` (*expression1*, *expression2*)	**ET** logique. Si les *expressions* sont des matrices, retourne une matrice (rappel: 0 ET 0 => 0 ; 0 ET 1 => 0 ; 1 ET 1 => 1)
expression1 `&&` *expression2*	**ET** logique "short circuit". A la différence de `&` ou `and`, cet opérateur est plus efficace, car il ne prend le temps d'évaluer *expression2* que si *expression1* est vraie. En outre: - sous Octave: retourne un scalaire même si les *expressions* sont des matrices - sous MATLAB: n'accepte pas que les *expressions* soient des matrices
expression1 `|` *expression2* `or` (*expression1*, *expression2*)	**OU** logique. Si les *expressions* sont des matrices, retourne une matrice (rappel: 0 OU 0 => 0 ; 0 OU 1 => 1 ; 1 OU 1 => 1)
expression1 `||` *expression2*	**OU** logique "short circuit". A la différence de `|` ou `or`, cet opérateur est plus efficace, car il ne prend le temps d'évaluer *expression2* que si *expression1* est fausse. En outre: - sous Octave: retourne un scalaire même si les *expressions* sont des matrices - sous MATLAB: n'accepte pas que les *expressions* soient des matrices

`xor` (*expression1*, *expression2*)	**OU EXCLUSIF** logique (rappel: 0 OU EXCL 0 => 0 ; 0 OU EXCL 1 => 1 ; 1 OU EXCL 1 => 0)
Pour des opérandes binaires, voir les fonctions `bitand` , `bitcmp` , `bitor` , `bitxor` ...	

Ex: si `A=[0 0 1 1]` et `B=[0 1 0 1]` , alors :

- `A | B` ou `or(A,B)` retourne le vecteur [0 1 1 1]
- `A & B` ou `and(A,B)` retourne le vecteur [0 0 0 1]
- O `A || B` ne fonctionne ici (avec des vecteurs) que sous Octave, et retourne le scalaire 0
- O `A && B` ne fonctionne ici (avec des vecteurs) que sous Octave, et retourne le scalaire 0

3.3 Fonctions de base

3.3.1 Fonctions mathématiques

Utilisées sur des **vecteurs ou matrices**, les fonctions ci-dessous seront appliquées à tous les éléments et retourneront donc des vecteurs ou matrices.

Pour les fonctions **trigonométriques**, les angles sont exprimés en [radians].
Rappel : on passe des [gons] aux [radians] avec les formules : *radians* = 2*pi*gons*/400, et *gons* = 400*radians*/2/pi.

Les principales **fonctions mathématiques** disponibles sous MATLAB/Octave sont les suivantes :

Fonction	Description
`sqrt(var)`	Racine carrée de *var*. Remarque : pour la racine *n*-ème de *var*, faire `var^(1/n)`
`exp(var)`	Exponentielle de *var*

`log(var)`
`log10(var)`
`log2(var)`
	Logarithme naturel de *var* (de base **e**), respectivement de base **10**, et de base **2**
	Ex: `log(exp(1))` => 1, `log10(1000)` => 3, `log2(8)` => 3

`cos(var)` et `acos(var)`	Cosinus, resp. arc cosinus, de *var*. Angle exprimé en radian
`sin(var)` et `asin(var)`	Sinus, resp. arc sinus, de *var*. Angle exprimé en radian
`sec(var)` et `csc(var)`	Sécante, resp. cosécante, de *var*. Angle exprimé en radian
`tan(var)` et `atan(var)`	Tangente, resp. arc tangente, de *var*. Angle exprimé en radian
`cot(var)` et `acot(var)`	Cotangente, resp. arc cotangente, de *var*. Angle exprimé en radian
`atan2(dy,dx)`	Angle entre -pi et +pi correspondant à *dx* et *dy*
`cart2pol(x,y {,z})` et `pol2cart(th,r {,z})`	Passage de coordonnées carthésiennes en coordonnées polaires, et vice-versa
`cosh`, `acosh`, `sinh`, `asinh`, `sech`, `asch`, `tanh`, `atanh`, `coth`, `acoth`	Fonctions hyperboliques...
`factorial(n)`	Factorielle de *n* (c'est-à-dire : n*(n-1)*(n-2)*...*1). La réponse retournée est exacte jusqu'à la factorielle de 20 (au-delà, elle est calculée en virgule flottante double précision, c'est-à-dire à une précision de 15 chiffres avec un exposant)

`rand`
`rand(n)`
`rand(n,m)`
	Génère un nombre aléatoire compris entre 0.0 et 1.0
	Génère une matrice carrée *nxn* de nb. aléatoires compris entre 0.0 et 1.0
	Génère une matrice *nxm* de nb. aléatoires compris entre 0.0 et 1.0

`fix(var)`
`round(var)`
`floor(var)`
`ceil(var)`
	Troncature à l'entier, dans la direction de zéro (donc 4 pour 4.7, et -4 pour -4.7)
	Arrondi à l'entier le plus proche de *var*
	Le plus grand entier qui est inférieur ou égal à *var*
	Le plus petit entier plus grand ou égal à *var*
	Ex:
	`fix(3.7)` et `fix(3.3)` => 3, `fix(-3.7)` et `fix(-3.3)` => -3
	`round(3.7)` => 4, `round(3.3)` => 3, `round(-3.7)` => -4, `round(-3.3)` => -3
	`floor(3.7)` et `floor(3.3)` => 3, `floor(-3.7)` et `floor(-3.3)` => -4
	`ceil(3.7)` et `ceil(3.3)` => 4, `ceil(-3.7)` et `ceil(-3.3)` => -3

`mod(var1,var2)` `rem(var1,var2)`	Fonction *var1* "modulo" *var2* Reste ("remainder") de la division de *var1* par *var2* Remarques: - *var1* et *var2* doivent être des scalaires réels ou des tableaux réels de même dimension - `rem` a le même signe que *var1*, alors que `mod` a le même signe que *var2* - les 2 fonctions retournent le même résultat si *var1* et *var2* ont le même signe Ex: `mod(3.7, 1)` et `rem(3.7, 1)` retournent 0.7, mais `mod(-3.7, 1)` retourne 0.3, et `rem(-3.7, 1)` retourne -0.7
`idivide(var1, var2, 'regle')`	Division entière. Fonction permettant de définir soi-même la *règle* d'arrondi. Implémentée depuis Octave 3.2.0
`abs(var)`	Valeur absolue (positive) de *var* Ex: `abs([3.1 -2.4])` retourne [3.1 2.4]
`sign(var)`	(signe) Retourne "1" si *var*>0, "0" si *var*=0 et "-1" si *var*<0 Ex: `sign([3.1 -2.4 0])` retourne [1 -1 0]
`real(var)` et `imag(var)`	Partie réelle, resp. imaginaire, de la *var* complexe

Voir M `helpwin elfun` où sont notamment encore décrites : autres fonctions trigonométriques (sécante, cosécante, cotangente), fonctions hyperboliques, manipulation de nombres complexes...

Voir encore M `helpwin specfun` pour une liste des fonctions mathématiques spécialisées (Bessel, Beta, Jacobi, Gamma, Legendre...).

3.3.2 Fonctions de changement de type de nombres

Au chapitre "**Généralités sur les nombres**" on a décrit les différents types relatifs aux nombres : réels virgule flottante (double ou simple précision), et entiers (64, 32, 16 ou 8 bits). On décrit ci-dessous les fonctions permettant de passer d'un type à l'autre :

Fonction	Description
var2 = `single(var1)` var4 = `double(var3)`	Retourne, dans le cas où *var1* est une variable réelle double précision ou entière, une variable *var2* en **simple précision** Retourne, dans le cas où *var3* est une variable réelle simple précision ou entière, une variable *var4* en **double précision** Fonctions implémentées, sous Octave, depuis la version 3.2.0
`int8`, `int16`, `int32` et `int64` ou `uint8`, `uint16`, `uint32` et `uint64`	Fonctions retournant des variables de type **entiers signés**, respectivement stockés sur 8 bits, 16 bits, 32 bits ou 64 bits ou des **entiers non signés** (unsigned) stockés sur 8 bits, 16 bits, 32 bits ou 64 bits Fonctions implémentées, sous Octave, depuis la version 3.2.0

3.3.3 Fonctions logiques

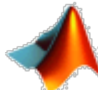
Les **fonctions logiques** servent à réaliser des tests. Comme les opérateurs relationnels et logiques (voir plus haut), elles retournent en général les valeurs vrai (`true` ou `1`) ou faux (`false` ou `0`). Il en existe un très grand nombre dont en voici quelque-unes :

Fonction	Description
`isfloat(var)`	Vrai si la variable *var* est de type réelle (simple ou double précision), faux sinon (entière, chaîne...) Sous Octave, implémenté depuis la version 3.2.0

`isepmty(var)`	Vrai si la variable *var* est vide (de dimension 1x0), faux sinon. Notez bien qu'il ne faut ici **pas** entourer *var* d'apostrophes, contrairement à la fonction `exist`. **Ex**: si `vect=5:1` ou `vect=[]`, alors `isempty(vect)` retourne "1"
`ischar(var)`	Vrai si *var* est une chaîne de caractères, faux sinon. Ne plus utiliser `isstr` qui va disparaître.
`exist ('objet' {,'var|builtin|file|dir'})`	Vérifie si l'*objet* spécifié existe. Retourne "1" si c'est une *var*iable, "2" si c'est un M-*file*, "3" si c'est un MEX-*file*, "4" si c'est un MDL-*file*, "5" si c'est une fonction *builtin*, "6" si c'est un P-*file*, "7" si c'est un *dir*ectoire. Retourne "0" si aucun objet de l'un de ces types n'existe. Notez bien qu'il **faut** ici entourer *objet* d'apostrophes, contrairement à la fonction `isempty` ! **Ex**: `exist('sqrt')` retourne "5", `exist('axis')` retourne "2", `exist('variable_inexistante')` retourne "0"
`isinf(var)`	Vrai si la variable *var* est infinie positive ou négative (`Inf` ou - `Inf`)
`isnan(var)`	Vrai si la variable *var* est indéterminée (`NaN`)
`isfinite(var)`	Vrai si la variable *var* n'est ni infinie ni indéterminée **Ex**: `isfinite([0/0 NaN 4/0 pi -Inf])` retourne [0 0 0 1 0]

Les fonctions logiques spécifiques aux vecteurs et matrices sont présentées au chapitre "**Fonctions matricielles**".

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 12-09-2012



4. Objets : séries/vecteurs, matrices, chaînes, tableaux multidimensionnels et cellulaires, structures

4.1 Séries (ranges)

L'opérateur MATLAB/Octave `:` (deux points, en anglais "colon") est très important. Outre l'adressage des éléments d'un tableau, il permet de construire des **séries linéaires** sous la forme de vecteurs ligne. On peut utiliser à cet effet soit l'opérateur `:` soit la fonction équivalente M `colon` :

`début:fin` ou M `colon(début,fin)`
Crée une série numérique **linéaire** débutant par la valeur *début*, autoincrémentée de "1" et se terminant par la valeur *fin*. Il s'agit donc d'un **vecteur ligne** de dimension 1xM où M=*fin*-*début*+1. Si *fin*<*début*, crée une série vide (vecteur de dimension 1x0)
Ex:
- `1:5` crée le vecteur ans=[1 2 3 4 5]
- `x=1.7:4.6` crée le vecteur x=[1.7 2.7 3.7]

`début:pas:fin` ou M `colon(début,pas,fin)`
Crée une série numérique **linéaire** (vecteur ligne) débutant par la valeur *début*, incrémentée ou décrémentée du *pas* spécifié et se terminant par la valeur *fin*. Crée une série vide (vecteur de dimension 1x0) si *fin*<*début* et que le *pas* est positif, ou si *fin*>*début* et que le *pas* est négatif
Ex:
- `-4:-2:-11.7` retourne le vecteur ans=[-4 -6 -8 -10]
- `x=0:0.5:2*pi` crée x=[0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0]

Lorsqu'on connait la valeur de *début*, la valeur de *fin* et que l'on souhaite générer des séries **linéaires** ou **logarithmique** de *nbval* valeurs, on peut utiliser les fonctions suivantes :

série = `linspace(début,fin {,nbval})`
Crée une *série* (vecteur ligne) de *nbval* éléments **linéairement** espacés de la valeur *début* jusqu'à la valeur *fin*. Si l'on omet le paramètre *nbval*, c'est une série de **100** éléments qui est créée
Ex: `v=linspace(0,-5,11)` crée v=[0.0 -0.5 -1.0 -1.5 -2.0 -2.5 -3.0 -3.5 -4.0 -4.5 -5.0]

série = `logspace(début,fin {,nbval})`
Crée une *série* **logarithmique** (vecteur ligne) de *nbval* éléments, débutant par la valeur $10^{début}$ et se terminant par la valeur 10^{fin}. Si l'on omet le paramètre *nbval*, c'est une série de **50** éléments qui est créée
Ex: `x=logspace(2,6,5)` crée x=[100 1000 10000 100000 1000000]

O Sous Octave depuis la version 3, définir une série avec la syntaxe `début:pas:fin` (plutôt qu'avec `linspace`) est particulièrement **intéressant au niveau utilisation mémoire** ! En effet, quelle que soit la taille de la série qui en découle, celle-ci n'occupera en mémoire que 24 octets (c'est-à-dire l'espace de stockage nécessaire pour stocker en double précision les 3 valeurs définissant la série) !
Ex: `s1=0:10/99:10;` et `s1=linspace(0,10,100);` sont fonctionellement identiques, mais :
- sous MATLAB 7.x : les variables `s1` et `s2` consomment toutes deux 800 octets (100 réels double précision)
- alors que sous Octave 3.x : `s2` consomme aussi 800 octets, mais `s1` ne consomme que 24 octets !!!
noter cependant que, selon son usage, cette série est susceptible d'occuper aussi 800 octets (p.ex. `s1'` ou `s1*3`)

Pour construire des séries d'un autre type (géométrique, etc...), il faudra réaliser des boucles `for` ou `while` ... (voir chapitre "**Structures de contrôle**").

4.2 Vecteurs (ligne ou colonne)

Comme on l'a dit en ce qui concerne les variables scalaires, MATLAB/Octave ne fait pas vraiment de différence entre une matrice, un vecteur et un scalaire, étant donné que ces éléments peuvent être redimensionnés dynamiquement. Une variable de type **vecteur** n'est donc, en quelque sorte, qu'une matrice NxM dégénérée d'une seule ligne (1xM) ou une seule

colonne (Nx1).

ATTENTION: les **éléments** du vecteurs sont numérotés par des entiers **débutant** par **la valeur 1** (et non pas 0, comme dans d'autres langages de programmation).

On présente ci-dessous les principales techniques d'**affectation** de vecteurs (usage des crochets `[ ]`) et d'**adressage** de ses éléments (usage des parenthèses `( )`) :

Syntaxe	Description
vec= `[val1 val2 val3 ...]` = `[val var expr ...]`	Création d'un **vecteur ligne** *vec* contenant les valeurs *val*, variables *var*, ou expressions *expr* spécifiées. Celles-ci doivent être délimitées par des `<espace>`, `<tab>` ou `,` (virgules). Ex: `v1=[1 -4 5]`, `v2=[-3,sqrt(4)]` et `v3=[v2 v1 -3]` retournent v3=[-3 2 1 -4 5 -3]

vec= `[val ; var ; expr ...]`
= `[val1`
`val2`
`... ]`
= `[var val var val ...]'`
	Création d'un **vecteur colonne** *vec* contenant les valeurs *val* (ou variables *var*, ou expressions *expr*) spécifiées.
	Celles-ci **doivent** être délimitées par des `;` (point-virgules) (1ère forme ci-contre) et/ou par la touche `<enter>` (2e forme).
	La 3ème forme ci-contre consiste à définir un vecteur ligne et à le transposer avant de l'affecter à *vec*.
	Ex:
	• `v4=[-3;5;2*pi]`, `v5=[11 ; v4]`, `v6=[3 4 5 6]'` sont des vecteurs colonne valides
	• mais `v7=[v4 ; v1]` provoque une erreur car on combine ici un vecteur colonne avec un vecteur ligne

`vec'`	**Transposée** du vecteur *vec*. Si *vec* était un vecteur ligne, il devient un vecteur colonne (ou vice-versa)
vec= `début{:pas}:fin` ou = M `colon(début{,pas},fin)`	Initialisation d'un vecteur ligne *vec* à une **série linéaire** (voir chapitre sur les "Séries" ci-dessus)
vec= `linspace(début,fin{,n})` *var*= `logspace(début,fin{,n})`	Initialisation d'un vecteur ligne *vec* à une série **linéaire**, respectivement **logarithmique** (voir chapitre sur les "Séries" ci-dessus)
`vec(i)`	Désigne le *i*-ème élément du vecteur ligne ou colonne *vec* Ex: `v3(2)` retourne la valeur "2", et `v4(2)` retourne "5"
`vec(i{:p}:j)`	Adressage des éléments d'indice *i* à *j* du vecteur ligne ou colonne *vec* avec un pas de "1" ou de "*p*" si spécifié (construction faisant usage des "séries" présentées ci-dessus !). Si *vec* est un vecteur ligne, le résultat retourné sera un vecteur ligne ; respectivement si *vec* est un vecteur colonne, le résultat retourné sera un vecteur colonne. Pour l'indice *j* on peut utiliser la valeur `end` qui désigne le **dernier élément** du vecteur. Ex: • `v4(2:end)` retourne un vecteur colonne contenant la 2e jusqu'à la dernière valeur de v4, c'est-à-dire dans le cas présent [5;6.28] • `v3(2:2:6)` retourne un vecteur ligne contenant la 2e, 4e et 6e valeur de v3, c'est-à-dire [2 -4 -3]
`vec([i j k:l])`	La notation d'indices entre crochets `[]` permet de désigner un ensemble continu ou discontinu d'éléments. Dans le cas ci-contre, on désigne les éléments *i*, *j* et *k* à *l*.
`vec(i { {:p} :j} )=val`	Soit le vecteur *vec* (ligne ou colonne) de *n* éléments : l'instruction ci-contre, si *i*>*n* et *j*>*n*, étend la **taille** du vecteur à *i* ou *j* éléments en affectant aux *i*-ème à *j*-ème éléments la valeur *val* spécifiée, et aux autres nouveaux éléments créés la valeur "0" Ex: si `v8=[1 2 3]`, alors `v8(6:2:10)=44` étend v8 qui devient [1 2 3 0 0 44 0 44 0 44]

www.Mcours.com
Site N°1 des Cours et Exercices Email: contact@mcours.com

`for k=i{:p}:j`
`  vec(k)=expression`
`end`
	Initialise les éléments (spécifiés par la série *i*{:*p*}:*j*) du vecteur ligne *vec* par l'*expression* spécifiée
	
	Ex: `for i=2:2:6, v9(i)=i^2, end` crée le vecteur v9=[0 4 0 16 0 36] (les éléments d'indice 1, 3 et 5 n'étant pas définis, ils sont automatiquement initialisés à 0)

`vec(i:j)=[]` ou `vec([k l m])=[]` ou combinaison de ces 2 notations...	**Destruction** des éléments *i* à *j* du vecteur *vec* (qui est redimensionné en conséquence), respectivement destruction des *k*-ème *l*-ème et *m*-ème éléments Ex: soit `v10=(11:20)` • l'instruction `v10(4:end)=[]` (ou `v10(4:length(v10))=[]`) redéfini v10 à [11 12 13] • alors que `v10([1 3:7 10])=[]` redéfini v10 à [12 18 19]
`length(vec)`	Retourne la **taille** (nombre d'éléments) du vecteur ligne ou colonne *vec*

4.3 Matrices

Pour MATLAB/Octave, une **matrice** est un tableau rectangulaire à 2 dimensions de NxM éléments (N lignes et M colonnes) de types nombres réels ou complexes ou de caractères. La présentation ci-dessous des techniques d'**affectation** de matrices (usage des crochets [ ]) et d'**adressage** de ses éléments (usage des parenthèses ( )) est donc simplement une généralisation à 2 dimensions de ce qui a été vu pour les vecteurs à 1 dimension (chapitre précédent). Il faut simplement savoir en outre que, pour adresser un élément d'une matrice, il faut spécifier son **numéro de ligne et de colonne** séparés par une " , " (virgule).

ATTENTION: comme pour les vecteurs, les indices de ligne et de colonne sont des valeurs entières débutant par 1 (et non pas 0 comme dans d'autres langages).

On dispose en outre de fonctions d'initialisation spéciales liées aux matrices.

Syntaxe	Description
mat= [*v11 v12 ... v1m* ; *v21 v22 ... v2m* ; *... ... ...* ; *vn1 vn2 ... vnm*]	Définit une **matrice** *mat* de *n* lignes x *m* colonnes dont les éléments sont initialisés aux valeurs *vij*. Notez bien que les éléments d'une ligne sont séparés par des <espace>, <tab> ou , (virgules), et que les différentes lignes sont délimitées par des ; (point-virgules) et/ou par la touche <Enter>. Il faut qu'il y aie exactement le même nombre de valeurs dans chaque ligne, sinon l'affectation échoue. Ex: m1=[-2:0 ; 4 sqrt(9) 3] définit la matrice de 2 lignes x 3 colonnes avant pour valeurs [-2 -1 0 ; 4 3 3]
mat= [*vco1 vco2* ...] ou *mat*= [*vli1* ; *vli2* ; ...]	Construit la matrice *mat* par **concaténation de vecteurs** colonne *vcoi* ou de vecteurs ligne *vlii* spécifiés. Notez bien que les séparateurs entre les vecteurs colonne est l' <espace>, et celui entre les vecteurs ligne est le ; ! L'affectation échoue si tous les vecteurs spécifiés n'ont pas la même dimension. Ex: si v1=1:3:7 et v2=9:-1:7, alors m2=[v2;v1] retourne la matrice [9 8 7 ; 1 4 7]
[*mat1 mat2* {*mat3...*}] ou **horzcat**(*mat1*, *mat2* {,*mat3...*}) respectivement: [*mat4*; *mat5* {; *mat6...*}] ou **vertcat**(*mat1*, *mat2* {,*mat3...*})	**Concaténation de matrices** (ou vecteurs). Dans le premier cas, on concatène côte à côte (**horizontalement**) les matrices *mat1*, *mat2*, *mat3*... Dans le second, on concatène **verticalement** les matrices *mat4*, *mat5*, *mat6*... Attention aux dimensions qui doivent être cohérentes : dans le premier cas toutes les matrices doivent avoir le même nombre de lignes, et dans le second cas le même nombre de colonnes. Ex: ajout devant la matrice m2 ci-dessus de la colonne v3=[44;55] : avec m2=[v3 m2] ou avec m2=horzcat(v3,m2), ce qui donne m2=[44 9 8 7 ; 55 1 4 7]
ones(*n*{,*m*})	Renvoie une matrice de *n* lignes x *m* colonnes dont **tous les éléments** sont égaux à "1". Si *m* est omis, crée une matrice carrée de dimension *n* Ex: *c* * **ones**(*n*,*m*) renvoie une matrice *n* x *m* dont tous les éléments sont égaux à *c*
zeros(*n*{,*m*})	Renvoie une matrice de *n* lignes x *m* colonnes dont **tous les éléments** sont égaux à "0". Si *m* est omis, crée une matrice carrée de dimension *n*
eye(*n*{,*m*})	Renvoie une matrice **identité** de *n* lignes x *m* colonnes dont les éléments de la diagonale principale sont égaux à "1" et les autres éléments sont égaux à "0". Si *m* est omis, crée une matrice carrée de dimension *n*
diag(*vec*) **diag**(*mat*)	Appliquée à un vecteur *vec* ligne ou colonne, cette fonction retourne une **matrice carrée** dont la **diagonale** principale porte les éléments du **vecteur** *vec* et les autres éléments sont égaux à "0" Appliquée à une matrice *mat* (qui peut ne pas être carrée), cette fonction retourne un **vecteur-colonne** formé à partir des éléments de la diagonale de cette matrice
mat(:)=*val* *mat*([i j k:l],:)=*val*	Si la matrice *mat* existe : - réinitialise tous les éléments de *mat* à la valeur *val* - réinitialise tous les éléments de la *i*-ème, *j*-ème et *k*-ème à *l*-ème lignes à la valeur *val*

mat2= **repmat(***mat1*,*M*,*N***)**	Renvoie une matrice *mat2* formée à partir de la matrice *mat1* **dupliquée en "tuile"** *M* fois verticalement et *N* fois horizontalement Ex: **repmat(eye(2),1,2)** retourne [1 0 1 0 ; 0 1 0 1]
mat=**[]**	Crée une matrice **vide** *mat* de dimension 0x0
[*n m*]= **size(***var***)** *taille*= **size(***var*,*dimension***)** O *n*= **rows(***mat_2d***)** O *m*= **columns(***mat_2d***)**	La première forme renvoie, sur un vecteur ligne, la **taille** (nombre *n* de **lignes** et nombre *m* de **colonnes**) de la matrice ou du vecteur *var*. La seconde forme renvoie la *taille* de *var* correspondant à la *dimension* spécifiée (*dimension*= **1** => nombre de lignes, **2** => nombre de colonnes). Les fonctions O **rows** et O **columns** retournent respectivement le nombre *n* de **lignes** et nombre *m* de **colonnes**. Ex: **mat2=eye(size(mat1))** définit une matrice identité "mat2" de même dimension que la matrice "mat1"
length(*mat***)**	Appliquée à une matrice, cette fonction analyse le nombre de **lignes** et le nombre de **colonnes** puis retourne **le plus grand** de ces 2 nombres (donc identique à **max(size(***mat***))**). Cette fonction est par conséquent assez **dangereuse** à utiliser sur une matrice !
numel(*mat***)** (*NUMber of ELements*)	Retourne le nombre d'éléments du tableau *mat* (donc identique à **prod(size(***mat***))** ou **length(***mat***(:))** , mais un peu plus "lisible")
*mat***(***i*,*j***)**	Désigne **l'élément** (*i*,*j*) de *mat*, donc retourne un scalaire
*mat***(***i*:*j*,*k*:*m***)**	Désigne la **partie de la matrice** *mat* dont les éléments se trouvent dans les lignes *i* à *j* et dans les colonnes *k* à *m* Notez bien les **formes simplifiées** très courantes de cette notation pour désigner des **lignes** ou **colonnes entières** d'une matrice : • *mat***(***i*,:**)** : la ligne *i* • *mat***(***i*:*j*,:**)** : les lignes *i* à *j* • *mat***(**:,*k***)** : la colonne *k* • *mat***(**:,*k*:*m***)** : les colonnes *k* à *m*
*mat***([***lignes***],[***cols***])**	La notation d'indices entre crochets **[]** permet de désigner un **ensemble continu ou discontinu** de lignes et/ou de colonnes Ex 1: si l'on a la matrice **m3=[1:4; 5:8; 9:12; 13:16]** - **m3([2 4],1:3)** retourne [5 6 7 ; 13 14 15] - **m3([1 4],[1 4])** retourne [1 4 ; 13 16] Ex 2: si l'on a une matrice A 10x10, une matrice B 5x10 et un vecteur-ligne y 1x20 - l'affectation **A([1:3 9],:) = [B(1:3,:) ; y(1:10)]** remplace les lignes 1 à 3 de la matrice A par les 3 premières lignes de B, et la 9ème ligne de A par les 10 premiers éléments de y
*mat***(***i***)** et *mat***(***i*:*j***)**	Lorsque l'on adresse une matrice à la façon d'un vecteur (en ne précisant qu'un indice *i* ou une série *i*:*j* pour cet indice), la recherche s'effectue en numérotant les éléments de la matrice **colonne après colonne**. La première forme retourne, sur un scalaire, le *i*-ème élément ; la seconde forme retourne, sur un vecteur ligne, les *i*-ème au *j*-ème éléments. Ex: **m3(3)** retourne "9", et **m3(7:9)** retourne [10 14 3]
*mat***(:)**	Retourne un **vecteur colonne** constitué des colonnes de la matrice (colonne après colonne). Ex: si **m4=[1 2;3 4]** , alors **m4(:)** retourne [1 ; 3 ; 2 ; 4]
*mat***(***i*:*j*,:**)=[]** et *mat***(**:,*k*:*m***)=[]**	**Destruction** de **lignes** ou de **colonnes** d'une matrice (et redimensionnement de la matrice en conséquence). La première expression supprime les lignes *i* à *j*, et la seconde supprime les colonnes *k* à *m*. Ce type d'opération ne permet de supprimer que des lignes entières ou des colonnes **entières** Ex: en reprenant la matrice m3 ci-dessus, l'instruction **m3([1 3:4],:)=[]** réduit cette matrice à la seconde ligne [5 6 7 8]

On rappelle ici les fonctions `load {-ascii} fichier_texte` et `save -ascii fichier_texte variable` (décrites au chapitre "**Workspace**") qui permettent d'initialiser une matrice à partir de valeurs numériques provenant d'un *fichier_texte*, et vice-versa.

4.4 Opérateurs matriciels

4.4.1 Opérateurs arithmétiques sur vecteurs et matrices

La facilité d'utilisation et la puissance de MATLAB/Octave proviennent en particulier de ce qu'il est possible d'exprimer des opérations matricielles de façon très naturelle en utilisant directement les opérateurs arithmétiques de base (déjà présentés au niveau scalaire au chapitre "**Opérateurs de base**"). Nous décrivons ci-dessous l'usage de ces opérateurs dans un contexte matriciel (voir aussi M `helpwin arith` et M `helpwin slash`, ainsi qu'une petite démonstration interactive des opérations matricielles élémentaires avec M `matmanip`).

Opérateur ou fonction	Description
`+` ou fonction `plus(m1,m2,...)` `-` ou fonction `minus`	**Addition** et **soustraction**. Les 2 arguments doivent être des vecteurs ou matrices de même dimension, à moins que l'un des deux ne soit un scalaire auquel cas l'addition/soustraction applique le scalaire sur tous les éléments du vecteur ou de la matrice. Ex: `[2 3 4]-[-1 2 3]` retourne [3 1 1], et `[2 3 4]-1` retourne [1 2 3]
`*` ou fonction `mtimes(m1,m2,...)`	**Produit matriciel**. Le nombre de colonnes de l'argument de gauche doit être égal au nombre de lignes de l'argument de droite, à moins que l'un des deux arguments ne soit un scalaire auquel cas le produit applique le scalaire sur tous les éléments du vecteur ou de la matrice. Ex: • `[1 2]*[3;4]` ou `[1 2]*[3 4]'` produit le scalaire "11" (mais `[1 2]*[3 4]` retourne une erreur!) • `2*[3 4]` ou `[3 4]*2` retournent [6 8]
`.*` ou fonction `times(m1,m2,...)`	**Produit éléments par éléments**. Les 2 arguments doivent être des vecteurs ou matrices de même dimension, à moins que l'un des deux ne soit un scalaire (auquel cas c'est identique à l'opérateur `*`). Ex: si `m1=[1 2;4 6]` et `m2=[3 -1;5 3]` • `m1.*m2` retourne [3 -2 ; 20 18] • `m1*m2` retourne [13 5 ; 42 14] • `m1*2` ou `m1.*2` retournent [2 4 ; 8 12]
`kron`	Produit **tensoriel** de Kronecker
`\` ou fonction `mldivide`	**Division matricielle à gauche** `A\B` est la solution "X" du système linaire "A*X=B". On peut distinguer 2 cas : • Si "A" est une matrice carrée NxN et "B" est un vecteur colonne Nx1, `A\B` est équivalent à `inv(A)*B` et il en résulte un vecteur "X" de dimension Nx1 • S'il y a surdétermination, c'est-à-dire que "A" est une matrice MxN où M>N et B est un vecteur colonne de Mx1, l'opération `A\B` s'effectue alors selon les moindres carrés et il en résulte un vecteur "X" de dimension Nx1
`/` ou fonction `mrdivide`	**Division matricielle** (à droite) `B/A` est la solution "X" du système "X*A=B" (où X et B sont des vecteur ligne et A une matrice). Cette solution est équivalente à `B*inv(A)` ou à `(A'\B')'`
`./` ou fonction `rdivide`	**Division éléments par éléments**. Les 2 arguments doivent être des vecteurs ou matrices de même dimension, à moins que l'un des deux ne soit un scalaire auquel cas la division applique le scalaire sur tous les éléments du vecteur ou de la matrice. Les éléments de l'objet de gauche sont divisés par les éléments de même indice de l'objet de droite
`.\` ou fonction `ldivide`	**Division à gauche éléments par éléments**. Les 2 arguments doivent être des vecteurs ou matrices de même dimension, à moins que l'un des deux ne soit un scalaire. Les éléments de l'objet de droite sont divisés par les éléments de même indice de l'objet de gauche.

	Ex: `12./(1:3)` et `(1:3).\12` retournent tous les deux le vecteur [12 6 4]
`^` ou fonction `mpower`	Elévation à la **puissance matricielle**. Il faut distinguer les 2 cas suivants (dans lesquels "*M*" doit être une matrice carrée et "*scal*" un scalaire) : • `M^scal` : si *scal* est un entier>1, produit matriciel de *M* par elle-même *scal* fois ; si *scal* est un réel, mise en oeuvre valeurs propres et vecteurs propres • `scal^M` : mise en oeuvre valeurs propres et vecteurs propres
`.^` ou fonction `power` ou `.**`	Elévation à la **puissance éléments par éléments**. Les 2 arguments doivent être des vecteurs ou matrices de même dimension, à moins que l'un des deux ne soit un scalaire. Les éléments de l'objet de gauche sont élevés à la puissance des éléments de même indice de l'objet de droite
`[,]` ou `horzcat`, `[;]` ou `vertcat`, `cat`	**Concaténation** horizontale, respectivement verticale (voir chapitre "Matrices" ci-dessus)
`( )`	Permet de spécifier l'ordre d'évaluation des expressions

4.4.2 Opérateurs relationnels et logiques sur vecteurs et matrices

Les opérateurs relationnels et logiques, qui ont été présentées au chapitre "**Opérateurs de base**", peuvent aussi être utilisées sur des vecteurs et matrices. Elles s'appliquent alors à tous les éléments et retournent donc également des vecteurs ou des matrices.

Ex: si l'on a `a=[1 3 4 5]` et `b=[2 3 1 5]`, alors `c = a==b` ou `c=eq(a,b)` retournent le vecteur c=[0 1 0 1]

4.5 Fonctions matricielles

4.5.1 Fonctions de réorganisation de matrices

Fonction	Description
Opérateur `'` ou fonction `ctranspose`	**Transposition** normale de matrices réelles et transposition **conjuguée** de matrices **complexes**. Si la matrice ne contient pas de valeurs complexes, `'` a le même effet que `.'` Ex: `v=(3:5)'` crée directement le vecteur colonne [3 ; 4 ; 5]
Opérateur `.'` ou fonction `transpose`	**Transposition** non conjuguée de matrices complexes Ex: si l'on a la matrice complexe `m=[1+5i 2+6i ; 3+7i 4+8i]`, la transposition non conjuguée `m.'` fournit [1+5i 3+7i ; 2+6i 4+8i], alors que la transposition conjuguée `m'` fournit [1-5i 3-7i ; 2-6i 4-8i]
`reshape(`*var*`,`*M*`,`*N*`)`	Cette fonction de **redimensionnement** retourne une matrice de *M* lignes x *N* colonnes contenant les éléments de *var* (qui peut être une matrice ou un vecteur). Les éléments de *var* sont lus colonne après colonne, et la matrice retournée est également remplie colonne après colonne. Le nombre d'éléments de *var* doit être égal à *MxN*, sinon la fonction retourne une erreur. Ex: `reshape([1 2 3 4 5 6 7 8],2,4)` et `reshape([1 5 ; 2 6 ; 3 7 ; 4 8],2,4)` retournent [1 3 5 7 ; 2 4 6 8]
vec = `mat(:)`	Déverse la **matrice** *mat* colonne après colonne sur le **vecteur-colonne** *vec* Ex: si `m=[1 2 ; 3 4]` , alors `m(:)` retourne le vecteur-colonne [1 ; 3 ; 2 ; 4]

`sort(`*var* `{,`*mode*`})`
 	
`sort(`*var*`,` *d* `{,`*mode*`})`
	Fonction de **tri** par **éléments** (voir aussi la fonction `unique` décrite plus bas). Le *mode* de tri par défaut est `'ascend'` (tri ascendant), à moins que l'on spécifie `'descend'` pour un tri descendant
	
	• appliqué à un **vecteur** (ligne ou colonne), trie dans l'ordre de valeurs croissantes les éléments du vecteur
	• appliqué à une **matrice** *var*, trie les éléments à l'intérieur des **colonnes** (indépendemment les unes des autres)
	• si l'on passe le paramètre *d*=2, trie les éléments à l'intérieur des **lignes** (indépendemment les unes des autres)
	
	Ex: si `m=[7 4 6;5 6 3]`, alors `sort(m)` retourne [5 4 3 ; 7 6 6]
	`sort(m,'descend')` retourne [7 6 6 ; 5 4 3]
	et `sort(m,2)` retourne [4 6 7 ; 3 5 6]

`sortrows(`*mat* `{,`*no_col*`})`	**Trie les lignes** de la **matrice** *mat* dans l'ordre croissant des valeurs de la première colonne, ou dans l'ordre croissant des valeurs de la colonne *no_col* Ex: en reprenant la matrice m de l'exemple précédent : `sortrows(m)` (identique à `sortrows(m,1)`) et `sortrows(m,3)` retournent [5 6 3 ; 7 4 6], alors que `sortrows(m,2)` retourne [7 4 6 ; 5 6 3]
`fliplr(`*mat*`)` `flipud(`*mat*`)`	Retournement de la matrice *mat* par **symétrie horizontale** (**l**eft/**r**ight), respectivement **verticale** (**u**p/**d**own) Ex: `fliplr('abc')` retourne 'cba', `fliplr([1 2 3 ; 4 5 6])` retourne [3 2 1 ; 6 5 4], et `flipud([1 2 3 ; 4 5 6])` retourne [4 5 6 ; 1 2 3]
`rot90(`*mat* `{,`*K*`})`	Effectue une rotation de la matrice *mat* de *K* fois 90 degrés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Si *K* est omis, cela équivaut à K=1 Ex: `rot90([1 2 3 ; 4 5 6])` retourne [3 6 ; 2 5 ; 1 4], et `rot90([1 2 3 ; 4 5 6],-2)` retourne [6 5 4 ; 3 2 1]
`flipdim`, `permute`, `ipermute`, `tril`, `triu`	Autres fonctions de réorganisation de matrices...

4.5.2 Fonctions mathématiques sur vecteurs et matrices

Les fonctions mathématiques présentées au chapitre "**Fonctions de base**" peuvent aussi être utilisées sur des vecteurs et matrices. Elles s'appliquent alors à tous les éléments et retournent donc également des vecteurs ou des matrices.

Ex: si l'on définit la série (vecteur ligne) `x=0:0.1:2*pi` , alors `y=sin(x)` ou directement `y=sin(0:0.1:2*pi)` retournent

un vecteur ligne contenant les valeurs du sinus de "0" à "2*pi" avec un incrément de "0.1"

4.5.3 Fonctions de calcul matriciel et statistiques

On obtient la liste des fonctions matricielles avec M `helpwin elmat` et M `helpwin matfun` .

Fonction	Description
`norm(vec)`	Calcule la **norme** (longueur) du vecteur *vec*. On peut aussi passer à cette fonction une matrice (voir help)
`dot(vec1,vec2)`	Calcule la **produit scalaire** des 2 vecteurs *vec1* et *vec2* (ligne ou colonne). Equivalent à `vec1 * vec2'` s'il s'agit de vecteurs-ligne, ou à `vec1' * vec2` s'il s'agit de vecteurs-colonne On peut aussi passer à cette fonction des matrices (voir help)
`cross(vec1,vec2)`	Calcule la **produit vectoriel** (en 3D) des 2 vecteurs *vec1* et *vec2* (ligne ou colonne, mais qui doivent avoir 3 éléments !).
`inv(mat)`	**Inversion** de la matrice carrée *mat*. Une erreur est produite si la matrice est singulière (ce qui peut être testé avec la fonction `cond` qui est plus approprié que le test du déterminant)
`det(mat)`	Retourne le **déterminant** de la matrice carrée *mat*
`trace(mat)`	Retourne la **trace** de la matrice *mat*, c'est-à-dire la somme des éléments de sa diagonale principale
`rank(mat)`	Retourne le **rang** de la matrice *mat*, c'est-à-dire le nombre de lignes ou de colonnes linéairement indépendants
`min(var{,d})` et `max(var{,d})`	Appliquées à un vecteur ligne ou colonne, ces fonctions retournent le **plus petit**, resp. le **plus grand** élément du vecteur. Appliquées à une matrice *var*, ces fonctions retournent : • si le paramètre *d* est **omis** ou qu'il vaut **1** : un vecteur **ligne** contenant le plus petit, resp. le plus grand élément de chaque **colonne** de *var* • si le paramètre *d* vaut **2** : un vecteur **colonne** contenant le plus petit, resp. le plus grand élément de chaque **ligne** de *var* • ce paramètre *d* peut être supérieur à 2 dans le cas de "tableaux multidimensionnels" (voir plus bas)
`sum(var{,d})` et `prod(var{,d})`	Appliquée à un vecteur ligne ou colonne, retourne la **somme** ou le **produit** des éléments du vecteur. Appliquée à une matrice *var*, retourne un vecteur ligne (ou colonne suivant la valeur de *d*, voir plus haut sous `min` / `max`) contenant la somme ou le produit des éléments de chaque colonne (resp. lignes) de *var* Ex: `prod([2 3;4 3] {,1})` retourne le vecteur ligne [8 9], `prod([2 3;4 3],2)` retourne le vecteur colonne [6 ; 12] et `prod(prod([2 3;4 3]))` retourne le scalaire 72
`cumsum(var{,d})` et `cumprod(var{,d})`	Réalise la **somme** partielle (**cumulée**) ou le **produit** partiel (**cumulé**) des éléments de *var*. Retourne une variable de même dimension que celle passée en argument (vecteur -> vecteur, matrice -> matrice) Ex: `cumprod(1:10)` retourne les factorielles de 1 à 10, c-à-d. [1 2 6 24 120 720 5040 40320 362880 3628800]
`mean(var{,d})`	Appliquée à un vecteur ligne ou colonne, retourne la **moyenne arithmétique** des éléments du vecteur. Appliquée à une matrice *var*, retourne un vecteur ligne (ou colonne suivant la valeur de *d*, voir plus haut sous `min` / `max`) contenant la moyenne arithmétique des éléments de chaque colonne (resp. lignes) de *var*. Un troisième paramètre, spécifique à Octave, permet de

	demander le calcul de la moyenne **géométrique** (`'g'`) ou de la moyenne **harmonique** (`'h'`).
`std(var{,f{,d}})`	Appliquée à un vecteur ligne ou colonne, retourne l'**écart-type** des éléments du vecteur. Appliquée à une matrice *var*, retourne un vecteur ligne (ou colonne suivant la valeur de *d*, voir plus haut sous `min` / `max`) contenant l'écart-type des éléments de chaque colonne (resp. lignes) de *var*. **Attention** : si le flag "*f*" est omis ou qu'il vaut "0", l'écart-type est calculé en normalisant par rapport à "*n*-1" (où *n* est le nombre de valeurs) ; s'il vaut "1" on normalise par rapport à "*n*"
`median(var{,d})`	Calcule la **médiane**
`cov`	Retourne vecteur ou matrice de **covariance**
`eig` , `eigs` , `svd` , `svds` , `cond` , `condeig` ...	Fonctions en relation avec **vecteurs propres** et **valeurs propres** (voir help)
`lu` , `chol` , `qr` , `qzhess` , `schur` , `svd` , `housh` , `krylov` ...	Fonctions en relation avec les méthodes de décomposition/factorisation de type : - **LU**, **Cholesky**, **QR**, **Hessenberg**, - **Schur**, valeurs singulières, householder, **Krylov**...

4.5.4 Fonctions matricielles de recherche

Fonction	Description
vec = `find(mat)` [*v1*, *v2* {, *v3* }] = `find(mat)`	Recherche des **indices** des **éléments non-nuls** de la matrice *mat* • Dans la 1ère forme, MATLAB/Octave retourne un vecteur-colonne *vec* d'indices à une dimension en considérant les éléments de la matrice *mat* colonne après colonne • Dans la seconde forme, les vecteurs-colonne *v1* et *v2* contiennent respectivement les numéros de ligne et de colonne des éléments non nuls ; les éléments eux-mêmes sont éventuellement déposés sur le vecteur-colonne *v3* **Remarques importantes** : • À la place de *mat* vous pouvez définir une **expression logique** (voir aussi le chapitre "**Indexation logique**" ci-dessous) ! Ainsi par exemple `find(isnan(mat))` retournera un vecteur-colonne contenant les indices de tous les éléments de *mat* qui sont indéterminés (égaux à NaN). • Le vecteur *vec* résultant permet ensuite d'adresser les éléments concernés de la matrice, pour les récupérer ou les modifier. Ainsi par exemple `mat(find(mat<0))=NaN` remplace tous les éléments de *mat* qui sont inférieurs à 0 par la valeur NaN. Ex : soit la matrice `m=[1 2 ; 0 3]` • `find(m)` retourne [1 ; 3 ; 4] (indices des éléments non-nuls) • `find(m<2)` retourne [1 ; 2] (indices des éléments inférieurs à 2) • `m(find(m<2))=-999` retourne [-999 2 ; -999 3] (remplacement des valeurs inférieures à 2 par -999) • `[v1,v2,v3]=find(m)` retourne indices v1=[1 ; 1 ; 2] v2=[1 ; 2 ; 2], et valeurs v3=[1 ; 2 ; 3]
`unique(mat)`	Retourne un vecteur contenant les éléments de *mat* **triés** dans un ordre croissant et **sans répétitions**. Si *mat* est une matrice ou un vecteur-colonne, retourne un vecteur-colonne ; sinon (si *mat* est un vecteur-ligne), retourne un vecteur-ligne. (Voir aussi les fonctions `sort` et `sortrows` décrites plus haut). *mat* peut aussi être un tableau cellulaire (contenant par exemple des chaînes) Ex : • si `m=[5 3 8 ; 2 9 3 ; 8 9 1]` , la fonction `unique(m)` retourne alors [1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 8 ; 9] • si `a={'pomme','poire';'fraise','poire';'pomme','fraise'}` , alors `unique(a)` retourne {'fraise';'poire';'pomme'}

`intersect(var1,var2)`
 	
`setdiff(var1,var2)`
 	
`union(var1,var2)`
	Retourne un vecteur contenant, de façon **triée** et **sans répétitions**, les éléments qui :
	
	• `intersect` : sont **communs** à *var1* et *var2*

	• `setdiff` : existent dans *var1* mais **n'existent pas** dans *var2* • `union` : existent dans *var1* **et/ou** dans *var2* Le vecteur résultant sera de type ligne, à moins que *var1* **et** *var2* soient tous deux de type colonne. *var1* et *var2* peuvent être des tableaux cellulaires (contenant par exemple des chaînes) Sous Octave, *var1* et *var2* peuvent être des matrices numériques, alors que MATLAB est limité à des vecteurs numériques Ex: • si `a={'pomme','poire';'fraise','cerise'}` et `b={'fraise','abricot'}`, alors - `setdiff(a,b)` retourne {'cerise';'poire';'pomme'} - `union(m1,m2)` retourne {'abricot';'cerise';'fraise';'poire';'pomme'} • si `m1=[3 4 ; -1 6 ; 6 3]` et `m2=[6 -1 9]`, alors `intersect(m1,m2)` retourne [-1 6]
`ismember(`*mat1,mat2*`)`	Voir plus bas (fonctions matricielles logiques)

4.5.5 Fonctions matricielles logiques

Outre les fonctions logiques de base (qui, pour la plupart, s'appliquent aux matrices : voir chapitre "**Fonctions de base**"), il existe des fonctions logiques spécifiques aux matrices décrites ici.

Fonction	Description
`isequal(`*mat1,mat2*`)`	Retourne le scalaire vrai ("1") si tous les éléments de *mat1* sont **égaux** aux éléments de *mat2*, faux ("0") sinon
`isscalar(`*var*`)` `isvector(`*var*`)`	Retourne le scalaire vrai si *var* est un **scalaire**, faux si c'est un vecteur ou tableau ≥ 2-dim Retourne le scalaire vrai si *var* est un **vecteur** ou **scalaire**, faux si tableau ≥ 2-dim
`iscolumn(`*var*`)` `isrow(`*var*`)`	Retourne le scalaire vrai si *var* est un vecteur **colonne** ou **scalaire**, faux si tableau ≥ 2-dim Retourne le scalaire vrai si *var* est un vecteur **ligne** ou **scalaire**, faux si tableau ≥ 2-dim
mat3 = `ismember(`*mat1,mat2*`)`	Cherche si les valeurs de *mat1* sont présentes dans *mat2* : retourne une matrice *mat3* de la même dimension que *mat1* où *mat3(i,j)*=1 si la valeur *mat1(i,j)* a été trouvée quelque-part dans dans *mat3*, sinon *mat3(i,j)*=0. Les matrices (ou vecteurs) *mat1* et *mat2* peuvent avoir des dimensions différentes. *mat1* et *mat2* peuvent être des tableaux cellulaires (contenant par exemple des chaînes) Ex: Si `a=[0 1 2 ; 3 4 5]` et `b=[2 4;6 8;10 12;14 16;18 20]`, la fonction `ismember(a,b)` retourne alors [0 0 1 ; 0 1 0] Si `a={'pomme','poire';'fraise','cerise'}` et `b={'fraise','abricot'}`, alors `ismember(a,b)` retourne [0 0 ; 1 0]

`any(`*vec*`)` et `all(`*vec*`)`
 	
`any(`*mat*`)` et `all(`*mat*`)`
	Retourne le scalaire vrai si l'un au moins des éléments du vecteur *vec* n'est **pas nul**, respectivement si tous les éléments ne sont pas nuls
	
	Comme ci-dessus, mais analyse les colonnes de *mat* et retourne ses résultats sur un vecteur ligne

4.5.6 Indexation logique

Introduction

Sous le terme d' "**indexation logique**" (logical indexing, logical subscripting) on entend la technique d'indexation par une **matrice logique**, c'est-à-dire une matrice booléenne composée de 0 ou de 1. Ces "matrices logiques d'indexation" résultent le plus souvent :

- d'opérations basées sur les "opérateurs relationnels et logiques" (p.ex. `==`, `>`, `~`, etc...) (voir le chapitre

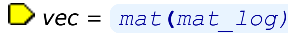
"**opérateurs de base**")
- de "fonctions logiques de base" (les fonctions `is*`, p.ex. `isnan`) (voir le chapitre "**opérateurs de base**")
- ainsi que des "fonctions matricielles logiques" (voir ci-dessus)
- si la matrice logique est construite "à la main" (avec des valeurs 0 et 1), on devra lui appliquer la fonction `logical` pour en faire une vraie matrice logique booléenne (voir exemple ci-dessous).

Il faudrait en principe que les **dimensions** de la matrice logique soient **identiques** à celles de la matrice que l'on indexe (cela engendrant, dans le cas contraire, des différences de comportement entre MATLAB et Octave...).

L'avantage de l'indexation logique réside dans le fait qu'il s'agit d'un **mécanisme vectorisé** (donc bien plus efficaces qu'un traitement basé sur des boucles `for` ou `while`).

Dans ce qui vient d'être dit, le terme "matrice" désigne bien entendu également des tableaux **multidimensionnels** ou de simples vecteurs (ligne ou colonne). Et encore mieux : l'indexation logique peut aussi être appliquée à des **structures** et des **tableaux cellulaires** !!! (voir les exemples spécifiques dans les chapitres traitant de ces deux types de données).

Utilisation de l'indexation logique



vec = `mat(mat_log)`

Examine la matrice *mat* à travers le "masque" de la matrice logique *mat_log* (de mêmes dimensions que *mat*), et retourne un **vecteur-colonne** *vec* comportant les éléments de *mat*(*i*,*j*) où *mat_log*(*i* ,*j*)=1. Les éléments sont déversés dans *vec* en examinant la matrice *mat* colonne après colonne.

Remarques importantes :
• *mat_log* peut être (et est souvent !) une expression logique basée sur la matrice *mat* elle-même. Ainsi, par exemple, `mat(mat>val)` (indexation de la matrice *mat* par la **matrice logique** produite par `mat>val`) retournera un vecteur-colonne contenant tous les éléments de *mat* qui sont supérieurs à *val*.
• On peut rapprocher cette fonctionnalité de la fonction `find` décrite plus haut. Pour reprendre l'exemple ci-dessus, `mat(find(mat>val))` (indexation de la matrice *mat* par le **vecteur d'indices à une dimension** produit par `find(mat>val)`) retournerait également les éléments de *mat* qui sont supérieurs à *val*.

Ex:
• Soit la matrice `m=[5 3 8 ; 2 9 3 ; 8 9 1]` ; `m(m>3)` retourne le vecteur-colonne [5 ; 8 ; 9 ; 9 ; 8] (contenant donc les éléments supérieurs à 3)
• Si l'on construit manuellement une matrice logique `m_log1=[1 0 1;0 1 0;1 1 0]`, on ne peut pas faire `m(m_log1)`, car `m_log1` n'est alors pas considéré par MATLAB/Octave comme une matrice logique (booléenne) mais comme une matrice de nombres... et MATLAB/Octave essaie alors de faire de l'indexation standard avec des indices nuls, d'où l'erreur qui est générée ! Il faut plutôt faire `m_log2=logical(m_log1)` (ou `m_log2=(m_log1~=0)`), puis `m(m_log2)`. On peut bien entendu aussi faire directement `m(logical(m_log1))` ou `m(logical([1 0 1;0 1 0;1 1 0]))`. En effet, regardez avec la commande `whos`, les types respectifs de `m_log1` et de `m_log2` !
• Pour remplacer les valeurs indéterminées (NaN) d'une série de mesures `s=[-4 NaN -2.2 -0.9 0.3 NaN 1.5 2.6]` en vue de faire un graphique, on fera `s=s(~isnan(s))` ou `s=s(isfinite(s))` qui retournent toutes deux s=[-4 -2.2 -0.9 0.3 1.5 2.6]

`mat(mat_log) = valeur`

Utilisée sous cette forme-là, l'indexation logique ne retourne pas un vecteur d'éléments de *mat*, mais **modifie certains éléments** de la matrice *mat* : tous les éléments de *mat*(*i*,*j*) où *mat_log*(*i* ,*j*)=1 seront remplacés par la *valeur* spécifiée. Comme cela a été vu plus haut, la matrice logique *mat_log* devrait avoir les mêmes dimensions que *mat*, et *mat_log* peut être (et est souvent !) une expression logique basée sur la matrice *mat* elle-même.

Ex:
• En reprenant la matrice `m=[5 3 8 ; 2 9 3 ; 8 9 1]` de l'exemple ci-dessus, l'instruction `m(m<=3)=-999` modifie la matrice `m` en remplaçant tous les éléments inférieurs où égaux à 3 par -999 ; celle-ci devient donc [5 -999 8 ; -999 9 -999 ; 8 9 -999]
• L'indexation logique peut aussi être appliquée à des chaînes de caractères pour identifier ou remplacer des caractères. Soit la chaîne `str='Bonjour tout le monde'`. L'affectation `str(isspace(str))='_'` remplace dans `str` tous les caractères <espace> par le caractère '_' et retourne donc str='Bonjour_tout_le_monde'

4.6 Chaînes de caractères

4.6.1 Généralités

Dans les usages courants, MATLAB/Octave stocke les **chaînes de caractères** ("string") sous forme de **vecteurs-ligne** (type "char array" sous MATLAB et "char" sous Octave) dans lesquels chaque caractère est un **élément** du vecteur (occupant physiquement 2 octets). Mais il est aussi possible de manipuler des **matrices de chaînes**, comme nous l'illustrons ci-dessous (ainsi que des "**tableaux cellulaires**" de chaînes : voir plus loin).

`string = 'chaîne de caractères'`

Enregistre la *chaîne de caractères* (définie entre apostrophes) sur la variable *string* qui est ici un **vecteur-ligne**. Si la chaîne contient un apostrophe, il faut le dédoubler (sinon il est interprété comme signe de fin de chaîne... et la suite de la chaîne provoque une erreur)

Ex: `section = 'Sciences et ingénierie de l''environnement'`

`string = "chaîne de caractères"`

Propre à Octave, cet usage de guillemets est intéressante car elle permet de définir, dans la chaîne, des caractères spéciaux :

- `\t` pour le caractère `<tab>`
- `\n` pour un saut à la ligne (`<newline>`) ; mais la chaîne reste cependant un vecteur ligne et non une matrice
- `\"` pour le caractère `"`
- `\'` pour le caractère `'`
- `\\` pour le caractère `\`

Ex: `disp("Texte\ttabulé\net sur\t2 lignes")`

`string(i:j)`

Retourne la **partie de la chaîne** *string* comprise entre le *i*-ème et le *j*-ème caractère

Ex: suite à l'exemple ci-dessus, `section(13:22)` retourne la chaîne "ingénierie"

`string(i:end)` , équivalent à `string(i:length(string))`

Retourne la **fin de la chaîne** *string* à partir du *i*-ème caractère

Ex: suite à l'exemple ci-dessus, `section(29:end)` retourne la chaîne "environnement"

`[s1 s2 s3...]`

Concatène horizontalement les chaînes *s1*, *s2*, *s3*

Ex: soit `s1=' AAA ', s2='CCC ', s3='EEE '`

alors `[s1 s2 s3]` retourne " AAA CCC EEE "

`strcat(s1,s2,s3...)`

Concatène horizontalement les chaînes *s1*, *s2*, *s3* en supprimant les caractères <espace> **terminant** les chaînes *s1*, *s2*... ("trailing blanks") (mais pas les <espace> commençant celles-ci). Noter que, sous Octave, cette suppression des espaces n'est implémentée qu'à partir de la version 3.2.0

Ex: soit `s1=' AAA ', s2='CCC ', s3='EEE '`

alors `strcat(s1,s2,s3)` retourne " AAACCCEEE"

`strvcat(s1,s2,s3...)`

Concatène **verticalement** les chaînes *s1*, *s2*, *s3*

Sous Octave, implémenté depuis la version 3.2.0

`mat_string = str2mat(s1,s2,s3...)`

`mat_string = char(s1,s2,s3...)` (depuis version 5 de MATLAB)

`mat_string = [s1 ; s2 ; s3 ...]`

Produit une **matrice de chaînes de caractères** *mat_string* contenant la chaîne *s1* en 1ère ligne, *s2* en seconde ligne, *s3* en 3ème ligne, etc... La première et la seconde forme fonctionnent à la fois sous MATLAB et Octave (la seconde depuis MATLAB 5). Quand à la 3ème forme, elle ne fonctionne que sous Octave (MATLAB générant une erreur si les chaînes *s1*, *s2*, *s3*... n'ont pas toutes la même longueur).

Remarque importante: pour produire cette matrice *mat_string*, MATLAB et Octave complètent automatiquement chaque ligne par le nombre nécessaire de caractères <espace> ("trailing blanks") afin que toutes les lignes soient de la même longueur (même nombre d'éléments, ce qui est important dans le cas où les chaînes *s1*, *s2*, *s3*... n'ont pas le même nombre de caractères). Cet inconvénient n'existe pas si l'on recourt à des **tableaux cellulaires** plutôt qu'à des matrices de chaînes.

On peut **convertir** une matrice de chaînes en un "tableau cellulaire de chaînes" avec la fonction `cellstr` (voir chapitre "**Tableaux cellulaires**").

Ex:

- en utilisant les variables "s1", "s2", "s3" de l'exemple ci-dessus, `mat=str2mat(s1,s2,s3)` retourne la matrice

de chaînes de dimension 3x16 caractères :

```
Jules Dupond
Albertine Durand
Robert Muller
```

puis `mat=str2mat(mat,'xxxx')` permettrait ensuite d'ajouter une ligne supplémentaire à cette matrice
- pour stocker ces chaînes dans un tableau cellulaire, on utiliserait `tabl_cel={s1;s2;s3}` ou `tabl_cel={'Jules Dupond';'Albertine Durand';'Robert Muller'}`
- ou pour convertir la matrice de chaîne ci-dessus en un tableau cellulaire, on utilise `tabl_cel=cellstr(mat)`

`mat_string(i,:)`
`mat_string(i,j:k)`

Retourne la *i*-ème ligne de la matrice de chaînes *mat_string*,
respectivement la sous-chaîne de cette ligne allant du *j*-ème au *k*-ème caractère
Ex: en reprenant la matrice "mat" de l'exemple ci-dessus, `mat(2,:)` retourne "Albertine Durand", et `mat(3,8:13)` retourne "Muller"

Remarque importante concernant l'usage de **caractères accentués** dans des **scripts ou fonctions** (M-files) :

- Que ce soit sous MATLAB ou Octave, si un M-file définit des chaînes contenant des caractères acccentués (caractères non ascii-7bits) et les écrit sur un fichier, l'**encodage des caractères** dans ce fichier dépend de l'encodage du M-file qui l'a généré. Si le M-file est encodé ISO-latin-1, le fichier produit sera encodé ISO-latin1 ; si le M-file est encodé UTF-8, le fichier produit sera encodé UTF-8...
- Sous **Windows**, si le M-file est encodé UTF-8 et qu'il affiche des chaînes dans la console MATLAB/Octave (avec `disp`, `fprintf`...) :
  - sous MATLAB (testé sous 7.8), les caractères accentués ne s'affichent pas proprement
  - sous Octave 3.2.x, ils s'afficheront proprement pour autant que la police de caractères utilisée dans la fenêtre de commande soit de type TrueType (par exemple Lucida Console) et que l'on ait activé le code-page Windows UTF-8 avec la commande `dos('chcp 65001')`
- Sous **Linux**, le mode par défaut est UTF-8 et il n'y a pas de problème particulier

4.6.2 Fonctions générales relatives aux chaînes

Sous MATLAB, M `helpwin strfun` donne la listes des fonctions relatives aux chaînes de caractères.

Notez encore que, pour la plupart des fonctions ci-dessous, l'argument *string* peut aussi être une **cellule** voir un **tableau cellulaire** de chaînes !

Fonction	Description
`length(string)`	Retourne le **nombre de caractères** de la chaîne *string*

`deblank(string)`
`strtrim(string)`
 	
`blanks(n)`
	Supprime les car. <espace> terminant *string* (**trailing blanks**)
	Supprime les car. <espace> débutant et terminant *string* (**leading & trailing blanks**)
	
	Retourne une chaîne de *n* caractères <espace>

`substr(string, offset {, length})`	Retourne de la chaîne *string* la **sous-chaîne** débutant à la position *offset* et de longueur *length* Si *length* n'est pas spécifié, la sous-chaîne s'étend jusqu'à la fin de *string* Si l'on spécifie un *offset* négatif, le décompte s'effectue depuis la fin de *string* Ex: si l'on a `str='abcdefghi'`, alors • `substr(str,3,4)` retourne 'cdef', identique à `str(3:3+(4-1))` • `substr(str,3)` retourne 'cdefghi', identique à `str(3:end)` • `substr(str,-3)` retourne 'ghi', identique à `str(end-3+1:end)`
`findstr(string,s1 {,O overlap})` ou `strfind(cell_string,s1)`	Retourne, sur un vecteur ligne, la **position** dans *string* de toutes les chaînes *s1* qui ont été trouvées. Noter que `strfind` est capable d'analyser un tableau cellulaire de chaînes, alors que `findstr` ne peut qu'analyser des chaînes simples. Si ces 2 fonctions ne trouvent pas de sous-chaîne *s1* dans *string*, elles retournent un tableau vide (`[]`)

<table>
<tr><td></td><td>Si le paramètre optionnel overlap est présent est vaut <code>0</code>, <code>findstr</code> ne tient pas compte des occurences superposées (voir exemple ci-dessous)

Ex: si l'on a <code>str='Bla bla bla *xyz* bla etc...'</code>, alors
• <code>star=findstr(str,'*')</code> ou <code>star=strfind(str,'*')</code> retournent le vecteur [13 17] indiquant la position des "*" dans la variable "str"
• <code>str(star(1)+1:star(2)-1)</code> retourne la sous-chaîne de "str" se trouvant entre "*", soit "xyz"
• <code>length(findstr(str,'bla'))</code> retourne le nombre d'occurences de "bla" dans "str", soit 3
• <code>isempty(findstr(str,'ZZZ'))</code> retourne "vrai" (valeur <code>1</code>), car la sous-chaîne "ZZZ" n'existe pas dans "str"
• <code>findstr('abababa','aba')</code> retourne [1 3 5], alors que <code>findstr('abababa','aba',0)</code> retourne [1 5]</td></tr>
<tr><td><code>strmatch(mat_string,s1 {,'exact'})</code></td><td>Retourne un vecteur-colonne contenant les numéros des lignes de la matrice de chaîne mat_string qui 'commencent' par la chaîne s1. En ajoutant le paramètre 'exact', ne retourne que les numéros des lignes qui sont 'exactement identiques' à s1.

Ex: <code>strmatch('abc', str2mat('def abc','abc','yyy','abc xxx'))</code> retourne [2 ; 4]
En ajoutant le paramètre <code>'exact'</code>, ne retourne que [2]</td></tr>
<tr><td><code>regexp(mat_string, pattern)</code>

<code>regexpi(mat_string, pattern)</code></td><td>Effectue une recherche dans mat_string à l'aide du motif défini par l'expression régulière pattern (extrêmement puissant... lorsque l'on maîtrise les expression régulières Unix). La seconde forme effecte une recherche "case insensitive" (ne différenciant pas majuscules/minuscules).</td></tr>
<tr><td><code>strrep(string,s1,s2)</code></td><td>Retourne une copie de la chaîne string dans laquelle toutes les occurences de s1 sont remplacées par s2

Ex: <code>strrep('abc//def//ghi/jkl','//','|')</code> retourne "abc|def|ghi/jkl"</td></tr>
<tr><td><code>regexprep(s1, pattern, s2)</code></td><td>Effectue un remplacement, dans s1, par s2 là où l'expression régulière pattern est satisfaite</td></tr>
<tr><td><code>strsplit(string,car_sep)</code></td><td>Découpe la chaîne string en utilisant les différents caractères de car_sep, et retourne les sous-chaînes résultantes sur un vecteur cellulaire de chaînes.

Ex: <code>strsplit('abc/def/ghi*jkl','/*')</code> retourne le vecteur cellulaire <code>{'abc','def','ghi','jkl'}</code></td></tr>
<tr><td><code>split(string,str_sep)</code></td><td>Découpe la chaîne string selon la chaîne-séparateur str_sep, et retourne les sous-chaînes résultantes sur une matrice de chaînes.
Note: cette fonction est dépréciée (disparaîtra sous Octave 3.6) en faveur de <code>strsplit</code> (qui fonctionne cependant différemment)

Ex: <code>split('abc//def//ghi/jkl','//')</code> retourne la matrice
<code>abc</code>
<code>def</code>
<code>ghi/jkl</code></td></tr>
<tr><td>[debut fin]=<code>strtok(string,delim)</code></td><td>Découpe la chaîne string en 2 parties selon le(s) caractère(s) de délimitation énuméré(s) dans la chaîne delim ("tokens") : sur debut est retournée la première partie de string (caractère de délimitation non compris), sur fin est retournée la seconde partie de string (commençant par le caractère de délimitation).
Si le caractère de délimitation est <tab>, il faudra entrer ce caractère tel quel dans delim (et non pas '\t' qui serait interprété comme les 2 délimiteurs \ et t).
Si ce que l'on découpe ainsi ce sont des nombres, il faudra encore convertir les chaînes résultantes en nombres avec la fonction <code>str2num</code> (voir plus bas).

Ex: <code>[debut fin]=strtok('Abc def, ghi.', ',:;.')</code> découpera la chaîne en utilisant les délimiteurs de phrase habituels et</td></tr>
</table>

	retournera, dans le cas présent, debut='Abc def' et fin=', ghi.'
`strjust(var,'left|center|right')`	**Justifie** la chaîne ou la matrice de chaîne *var* à gauche, au centre ou à droite. Si l'on ne passe à cette fonction que la chaîne, la justification s'effectue à droite
`sortrows(mat_string)`	**Trie** par ordre alphabétique croissant les lignes de la matrice de chaînes *mat_string*
vect_log = `string1==string2`	**Comparaison caractères après caractères** de 2 chaînes *string1* et *string2* de longueurs identiques (retourne sinon une erreur !). Retourne un vecteur logique (composé de 0 et de 1) avec autant d'élément que de caractères dans chaque chaîne. Pour tester l'égalité exacte de chaînes de longueur indéfinie, utiliser plutôt `strcmp` ou `isequal` (voir ci-dessous).

`strcmp(string1,string2)` ou `isequal(string1,string2)`
 	
`strcmpi(string1,string2)`
 	
`strncmp(string1,string2,n)`
`strncmpi(string1,string2,n)`
	Compare les 2 chaînes *string1* et *string2*: retourne 1 si elles sont identiques, 0 sinon.
	
	La fonction `strcmpi` ignore les différences entre majuscule et minuscule ("casse")
	
	Ne compare que les ***n* premiers** caractères des 2 chaînes
	La fonction `strncmpi` ignore les différences entre majuscule et minuscule ("casse")

`ischar(var)`
 	
`isletter(string)`
 	
`isspace(string)`
	Retourne 1 si *var* est une **chaîne** de caractères, 0 sinon. Ne plus utiliser `isstr` qui va disparaître.
	
	Retourne un vecteur de la taille de *string* avec des 1 là où *string* contient des caractères de l'**alphabet**, et des 0 sinon.
	
	Retourne un vecteur de la taille de *string* avec des 1 là où *string* contient des **caractères de séparation** (<espace> <tab> <newline> <formfeed>), et des 0 sinon.

`isstrprop(var, propriete)`	Test les *propriétés* de la chaîne *var* (alphanumérique, majuscule, minuscule, espaces, ponctuation, chiffres décimaux/hexadécimaux, caractères de contrôle...) Sous Octave, implémenté depuis la version 3.2.0

4.6.3 Fonctions de conversion relatives aux chaînes

Fonction	Description
`lower(string)` `upper(string)`	Convertit la chaîne *string* en **minuscules**, respectivement en **majuscules**
`abs(string)` ou `double(string)`	Convertit les caractères de la chaîne *string* en leurs **codes** décimaux selon la table **ASCII** ISO-Latin-1 **Ex**: `abs('àéèçâêô')` retourne le vecteur [224 233 232 231 226 234 244] (code ASCII de ces caractères accentués)
`char(var)`	Convertit les nombres de la variable *var* en **caractères** (selon encodage 8-bits ISO-Latin-1) Remarque: avec Octave-Forge 2.1.42 sous Windows, la fenêtre de commande refuse que l'on entre au clavier des caractères accentués ; cette fonction permet donc de contourner cette difficulté **Ex**: `char(224)` retourne le caractère "à", `char([233 232])` retourne la chaîne "éè"
`sprintf(format,variable(s)...)`	Permet de convertir un(des) **nombre(s)** en une **chaîne** (voir chapitre "**Entrées-sorties**") Voir aussi les fonctions `int2str` et `num2str` (qui sont cependant moins flexibles)
`mat2str(mat {,n})`	Convertit la **matrice** *mat* en une **chaîne** de caractère incluant les crochets [ ] et qui serait dont "évaluable" avec la fonction `eval` (voir ci-dessous). L'argument *n* permet de définir la précision (nombre de chiffres). Cette fonction peut être intéressante pour sauvegarder une

	matrice sur un fichier (en combinaison avec `fprintf`, voir chapitre "**Entrées-sorties**"). Ex: `mat2str(eye(3,3))` produit la chaîne "[1 0 0;0 1 0;0 0 1]"
`sscanf(string,format)`	Permet de récupérer le(s) **nombre(s)** se trouvant dans la chaîne *string* (voir chapitre "**Entrées-sorties**")
`str2num(string)`	Convertit en **nombres** le(s) nombre(s) se trouvant dans la **chaîne** *string*. Pour des possibilités plus élaborées, on utilisera la fonction `sscanf` décrite au chapitre "**Entrées-sorties**". Ex: `str2num('12 34 ; 56 78')` retourne la matrice [12 34 ; 56 78]
`eval(expression)`	Évalue (**exécute**) l'*expression* MATLAB/Octave spécifiée Ex: si l'on a une chaîne `str_mat='[1 3 2 ; 5.5 4.3 2.1]'`, l'expression `eval(['x=' str_mat])` permet d'affecter les valeurs de cette chaîne à la matrice x

4.7 Tableaux multidimensionnels

4.7.1 Généralités

Sous la dénomination de "**tableaux multidimensionnels**" (multidimensional arrays, ND-Arrays), il faut simplement imaginer des matrices ayant **plus de 2 indices** (ex: `B(2,3,3)`). S'il est facile de se représenter la 3e dimension (voir Figure ci-contre), c'est un peu plus difficile au-delà :

- 4 dimensions pourrait être vu comme un vecteur de tableaux 3D
- 5 dimensions comme une matrice 2D de tableaux 3D
- 6 dimensions comme un tableau 3D de tableaux 3D...

Un tableau tridimensionnel permettra, par exemple, de stocker une séquence de matrices 2D de tailles identiques (pour des matrices de tailles différentes, on devra faire appel aux "tableaux cellulaires" décrits plus loin) relatives à des données physiques de valeurs spatiales (échantillonées sur une grille) évoluant en fonction d'un 3e paramètre (altitude, temps...).

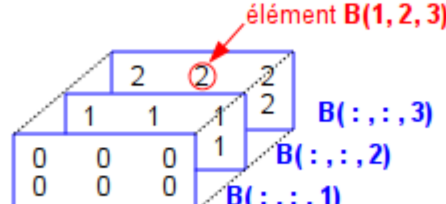


Figure : exemple d'un tableau tridimensionnel B de dimension 2 x 3 x 3

Les tableaux multidimensionnels sont supportés depuis longtemps sous MATLAB, et depuis la version 2.1.51 d'Octave.

Ce chapitre illustre la façon de définir et utiliser des tableaux multidimensionnels. Les exemples, essentiellement 3D, peuvent sans autre être extrapolés à des dimensions plus élevées.

4.7.2 Tableaux multidimensionnels

La **génération** de tableaux multidimensionnels peut s'effectuer simplement par indexation, c'est-à-dire **en utilisant un 3ème, 4ème... indice** de matrice.

Ex:

- si le tableau `B` ne pré-existe pas, la simple affectation `B(2,3,3)=2` va générer un tableau tridimensionnel (de dimension 2x3x3 analogue à celui de la Figure ci-dessus) dont le dernier élément, d'indice (2,3,3), sera mis à la valeur 2 et tous les autres éléments initialisés à la valeur 0
- puis `B(:,:,2)=[1 1 1 ; 1 1 1]` ou `B(:,:,2)=ones(2,3)` ou encore plus simplement `B(:,:,2)=1` permettrait d'initialiser tous les éléments de la seconde "couche" de ce tableau 3D à la valeur 1
- et `B(1:2,2,3)=[2;2]` permettrait de modifier la seconde colonne de la troisième "couche" de ce tableau 3D
- on pourrait de même accéder individuellement à tous les éléments `B(k,l,m)` de ce tableau par un ensemble de boucles `for` tel que (bien que ce ne soit pas efficace ni élégant pour un langage "vectorisé" tel que MATLAB/Octave) :

```
for k=1:2          % indice de ligne
  for l=1:3        % indice de colonne
    for m=1:3      % indice de "couche"
      B(k,l,m)=...
    end
  end
end
```

Certaines fonctions MATLAB/Octave déjà présentées plus haut permettent de générer directement des tableaux multidimensionnels lorsqu'on leur passe plus de 2 arguments : `ones` , `zeros` , `rand` , `randn` .

Ex:

- `C=ones(2,3,3)` génère un tableau 3D de dimension 2x3x3 dont tous les éléments sont mis à la valeur 1
- `D=zeros(2,3,3)` génère un tableau 3D de dimension 2x3x3 dont tous les éléments sont mis à la valeur 0
- `E=rand(2,3,3)` génère un tableau 3D de dimension 2x3x3 dont les éléments auront une valeur aléatoire comprise entre 0 et 1

Voir aussi les fonctions de génération et réorganisation de matrices, telles que `repmat(tableau,[M N P ...])` et `reshape(tableau,M,N,P...)` , qui s'appliquent également aux tableaux multidimensionnels.

Les opérations dont l'un des deux opérandes est un **scalaire**, les **opérateurs de base** (arithmétiques, logiques, relationnels...) ainsi que les fonctions opérant "**élément par élément**" sur des matrices 2D (fonctions trigonométriques...) travaillent de façon identique sur des tableaux multidimensionnels, c'est-à-dire s'appliquent à tous les éléments du tableau. Par contre les fonctions qui opèrent spécifiquement sur des matrices 2D et vecteurs (algèbre linéaire, fonctions "matricielles" telles que inversion, produit matriciel, etc...) ne pourront être appliquées qu'à des sous-ensembles 1D (vecteurs) ou 2D ("tranches") des tableaux multidimensionnels, donc moyennement un usage correct des indices de ces

tableaux !

:

- en reprenant le tableau C de l'exemple précédent, `F=3*C` retourne un tableau dont tous les éléments auront la valeur 3
- en faisant `G=E+F` on obtient un tableau dont les éléments ont une valeur aléatoire comprise entre 3 et 4
- `sin(E)` calcule le sinus de tous les éléments du tableau E

Certaines fonctions présentées plus haut (notamment les fonctions **statistiques** `min` , `max` , `sum` , `prod` , `mean` , `std` ...) permettent de spécifier un "**paramètre de dimension**" *d* qui est très utile dans le cas de tableaux multidimensionnels. Illustrons l'usage de ce paramètre avec la fonction `sum` :

`sum(`*tableau, d* `)`

Calcule la **somme** des éléments en faisant **varier le *d*-ème indice** du *tableau*

Ex: dans le cas d'un *tableau* de dimension 3x4x5 (nombre de: lignes x colonnes x profondeur)

- `sum(`*tableau*`,1)` retourne un tableau 1x4x5 contenant la somme des éléments par ligne
- `sum(`*tableau*`,2)` retourne un tableau 3x1x5 contenant la somme des éléments par colonne
- `sum(`*tableau*`,3)` retourne une matrice 3x4x1 contenant la somme des éléments calculés selon la profondeur

La génération de tableaux multidimensionnels peut également s'effectuer par la fonction de **concaténation** de matrices (voire de tableaux !) de dimensions inférieures avec la fonction `cat`

`cat(`*d, mat1, mat2*`)`

Concatène les 2 matrices *mat1* et *mat2* selon la *d*-ème dimension. Si *d*=1 (indice de ligne) => concaténation verticale. Si *d*=2 (indice de colonne) => concaténation horizontale. Si *d*=3 (indice de "profondeur") => création de "couches" suppémentaires ! Etc...

Ex:

- `A=cat(1,zeros(2,3),ones(2,3))` ou `A=[zeros(2,3);ones(2,3)]` retournent la matrice 4x2 A=[0 0 0 ; 0 0 0 ; 1 1 1 ; 1 1 1] (on reste en **2D**)
- `A=cat(2,zeros(2,3),ones(2,3))` ou `A=[zeros(2,3),ones(2,3)]` retournent la matrice 2x4 A=[0 0 0 1 1 1 ; 0 0 0 1 1 1] (on reste en **2D**)
- et `B=cat(3,zeros(2,3),ones(2,3))` retourne le tableau à **3 dimensions** 2x3x2 composé de B(:,:,1)=[0 0 0 ; 0 0 0] et B(:,:,1)=[1 1 1 ; 1 1 1]
- puis `B=cat(3,B,2*ones(2,3))` ou `B(:,:,3)=2*ones(2,3)` permettent de rajouter une nouvelle "couche" à ce tableau (dont la dimension passe alors à 2x3x3) composé de B(:,:,3)=[2 2 2; 2 2 2], ce qui donne exactement le tableau de la Figure ci-dessus

Les fonctions ci-dessous permettent de connaître la **dimension** d'un tableau (2D, 3D, 4D...) et la "**taille de chaque dimension**" :

vect= `size(`*tableau*`)`
taille= `size(`*tableau, dimension*`)`

Retourne un vecteur-ligne *vect* dont le i-ème élément indique la taille de la i-ème dimension du *tableau*
Retourne la *taille* du *tableau* correspondant à la *dimension* spécifiée

Ex:

- pour le tableau `B` ci-dessus, `size(B)` retourne le vecteur [2 3 3], c'est-à-dire respectivement le nombre de lignes, de colonnes et de "couches"
- et `size(B,1)` retourne ici 2, c'est-à-dire le nombre de lignes (1ère dimension)
- pour un scalaire (vu comme une matrice dégénérée) cette fonction retourne toujours [1 1]

`numel(`*tableau*`)` *(NUMber of ELements)*

Retourne le nombre d'éléments *tableau*. Identique à `prod(size(`*tableau*`))` ou `length(`*mat*`(:))` , mais un peu plus "lisible"
Ex: pour le tableau `B` ci-dessus, `numel(B)` retourne donc 18

`ndims(`*tableau*`)`

Retourne la dimension *tableau* : 2 pour une matrice 2D et un vecteur ou un scalaire (vus comme des matrices dégénérées !), 3 pour un tableau 3D, 4 pour un tableau quadri-dimensionnel, etc... Identique à `length(size(`*tableau*`))`
Ex: pour le tableau `B` ci-dessus, `ndims(B)` retourne donc 3

Il est finalement intéressant de savoir, en matière d'échanges, qu'Octave permet de sauvegarder des tableaux

multidimensionnels sous forme texte (utiliser `save -text` ...), ce que ne sait pas faire MATLAB.

4.8 Structures (enregistrements)

4.8.1 Généralités

Une "**structure**" (enregistrement, record) est un type d'objet MATLAB/Octave (que l'on retrouve dans d'autres langages) se composant de plusieurs "**champs**" nommés (fields) qui peuvent être **de types différents** (chaînes, matrices, tableaux cellulaires...), champs qui peuvent eux-mêmes se composer de sous-champs... MATLAB/Octave permet logiquement de créer des "**tableaux de structures**" (structures array) multidimensionels.

On accède aux champs d'une structure avec la **syntaxe** `structure.champ.sous_champ`... (usage du caractère " `.` " comme séparateur). Pour illustrer les concepts de base relatifs aux structures, prenons l'exemple d'une structure permettant de stocker les différents attributs d'une personne (nom, prénom, age, adresse, etc...).

Exemple:

A) Création d'une **structure** *personne* par définition des attributs du 1er individu :

- avec `personne.nom='Dupond'` la structure est mise en place et contient le nom de la 1ère personne ! (vérifiez avec `whos personne`)
- avec `personne.prenom='Jules'` on ajoute un champ *prenom* à cette structure et l'on définit le prénom de la 1ère personne
- et ainsi de suite : `personne.age=25 ;` `personne.code_postal=1010 ;` `personne.localite='Lausanne'`
- on peut, à ce stade, vérifier le contenu de la structure en frappant `personne`

Tableau de structures **personne**

nom: Dupond **prenom**: Jules **age**: 25 **code_postal**: 1010 **localite**: Lausanne **enfants**: - **tel.prive**: 021 123 45 67 **tel.prof**: 021 987 65 43
nom: Durand **prenom**: Albertine **age**: 30 **code_postal**: 1205 **localite**: Geneve **enfants**: Arnaud Camille **tel.prive**: - **tel.prof**: -
nom: Muller **prenom**: Robert **age**: 28 **code_postal**: 2000 **localite**: Neuchatel **enfants**: - **tel.prive**: - **tel.prof**: -

B) Définition d'autres individus => la structure devient un **tableau de structures** :

- ajout d'une 2e personne avec `personne(2).nom='Durand' ; personne(2).prenom='Albertine' ; personne(2).age=30 ; personne(2).code_postal=1205 ; personne(2).localite='Geneve'`
- ajout de tous les champs d'une 3e personne via une notation plus compacte :
  `personne(3)=struct('nom','Muller','prenom','Robert','age',28,'code_postal',2000,'loca`
  Remarque: on ne peut utiliser cette fonction que si l'on spécifie tous les champs !
  Donc `personne(3)=struct('nom','Muller','age',28)` retournerait une erreur

C) Ajout de **nouveaux champs** à un tableau de structures existant :

- ajout d'un champ *enfants* de type "tableau cellulaire" (voir chapitre suivant) en définissant les 2 enfants de la 2e personne avec :
  `personne(2).enfants={'Arnaud','Camille'}`
- comme illustration de la notion de **sous-champs**, définissions les numéros de téléphone privé et prof. ainsi :
  `personne(1).tel.prive='021 123 45 67' ; personne(1).tel.prof='021 987 65 43'`
  Attention : le fait de donner une valeur au champ principal *personne.tel* (avec `personne.tel='Xxx'`) ferait disparaître les sous-champs *tel.prive* et *tel.prof* !

D) Accès aux **structures** et aux **champs** d'un tableau de structures :
- la notation `structure(i)` retourne la *i*-ème structure du tableau de structures *structure*
- par extension, `structure([i j:k])` retournerait un tableau de structures contenant la *i*-ème structure et les structures *j* à *k* du tableau *structure*
- avec `structure(i).champ` on accède au contenu du *champ* spécifié du *i*-ème individu du tableau *structure*

- Avec `personne(1)` on récupère donc la structure correspondant à notre 1ère personne (Dupond), et `personne([1 3])` retourne un tableau de structures contenant la 1ère et la 3e personne
- `personne(1).tel.prive` retourne le No tel privé de la 1ère personne (021 123 45 67)
  Attention : comportements bizarres dans le cas de sous-champs : `personne(2).tel` retourne `[]` (ce qui est correct vu que la 2e personne n'a pas de No tél), mais `personne(2).tel.prive` provoque une erreur !
- `personne(2).enfants` retourne un tableau cellulaire contenant les noms des enfants de la 2e personne et `personne(2).enfants{1}` retourne le nom du 1er enfant de la 2e personne (Arnaud)

- Pour obtenir la **liste** de **toutes les valeurs d'un champ** spécifié, on utilise :

- pour des champs de type **nombre** (ici liste des âges de tous les individus) :
  - `vec_ages = [ personne.age ]` retourne un vecteur-ligne *vec_ages*
- pour des champs de type **chaîne** (ici liste des noms de tous les individus) :
  - soit `tabl_cel_noms = { personne.nom }` qui retourne un objet *tab_cel_noms* de type "tableau cellulaire"
  - ou `[tab_cel_noms{1:length(personne)}] = deal(personne.nom)` (idem)
  - ou encore la boucle `for k=1:length(personne), tab_cel_noms{k}=personne(k).nom ; end` (idem)

- Et l'on peut même utiliser l'**indexation logique** pour extraire des parties de structure !
  Voici un exemple très parlant : l'instruction `prenoms_c = { personne( [personne.age] > 26 ).prenom }` retourne le vecteur cellulaire *prenoms_c* contenant les prénoms des personnes âgées de plus de 26 ans ; on a pour ce faire "indexé logiquement" la structure `personne` par le vecteur logique `[personne.age] > 26`

E) Suppression de **structures** ou de **champs** :
- pour supprimer des structures, on utilise la notation habituelle `structure(...)=[]`
- pour supprimer des champs, on utilise la fonction `structure = rmfield(structure,'champ')`

- `personne(:).age=[]` supprime l'âge des 2 personnes, mais conserve le champ âge de ces structures
- `personne(2)=[]` détruit la 2e structure (personne Durand)
- `personne = rmfield(personne,'tel')` supprime le champ *tel* (et ses sous-champs *prive* et *prof*) dans toutes les structures du tableau *personne*

F) Champs de type **matrices** ou **tableau cellulaire** :
- habituellement les champs sont de type scalaire on chaîne, mais ce peut aussi être des matrices ou des tableaux cellulaires !
- avec `personne(1).naissance_mort=[1920 2001]` on définit un champ `naissance_mort` de type vecteur ligne
- puis on accède à l'année de mort du premier individu avec `personne(1).naissance(2)` ;
- ci-dessus, `enfants` illustre un champ de type tableau cellulaire

G) Matrices de structures :
- ci-dessus, `personne` est en quelque-sorte un vecteur-ligne de structures
- on pourrait aussi définir (même si c'est un peu "tordu") un tableau bi-dimensionnel (matrice) de structures en utilisant 2 indices (numéro de ligne et de colonne) lorsque l'on définit/accède à la structure, par exemple `personne(2,1)` ...

Il est finalement utile de savoir, en matière d'échanges, qu'Octave permet de sauvegarder des structures sous forme texte (utiliser `save -text` ...), ce que ne sait pas faire MATLAB.

4.8.2 Fonctions spécifiques relatives aux structures

Fonction	Description

`struct`
`setfield`
`rmfield`
	Ces fonctions ont été vues dans l'exemple ci-dessus...

`nfields(struct)`	Retourne le nombre de champs de la structure *struct*
`fieldnames(struct)` `struct_elements(struct)`	Retourne la **liste des champs** de la structure (ou du tableau de structures) *struct*. Cette liste est de type "tableau cellulaire" (à 1 colonne) sous MATLAB, et de type "liste" dans Octave. La fonction `struct_elements` fait de même, mais retourne cette liste sous forme d'une matrice de chaînes.
`getfield(struct,'champ')`	Est identique à `struct.champ`, donc retourne le contenu du champ *champ* de la structure *struct*
`isstruct(var)` `isfield(struct,'champ')`	**Test** si var est un objet de type **structure** (ou tableau de structures) : retourne 1 si c'est le cas, 0 sinon. **Test** si *champ* est un **champ** de la structure (ou du tableau de structures) *struct* : retourne 1 si c'est le cas, 0 sinon.

[*n m*]= **size(***tab_struct***)** **length(***tab_struct***)**	Retourne le nombre *n* de **lignes** et *m* de **colonnes** du tableau de structures *tab_struct*, respectivement le **nombre total** de structures

`for k=1:length(tab_struct)`
`  % on peut accéder à tab_struct(k).champ`
`end`
	On **boucle** ainsi **sur tous les éléments** du tableau de structures *tab_struct* pour accéder aux valeurs correspondant au *champ* spécifié.
	Ex: `for k=1:length(personne), tab_cel_noms{k}=personne(k).nom ; end` (voir plus haut)

O `for [ valeur , champ ] = tab_struct`
`  % on peut utiliser champ`
`  %               et valeur`
`end`
	Propre à Octave, cette forme particulière de la structure de contrôle `for ... end` permet de boucler sur tous les éléments d'un tableau de structures *tab_struct* et accéder aux noms de *champ* et aux *valeurs* respectives

4.9 Tableaux cellulaires (cells arrays)

4.9.1 Généralités

Le "**tableau cellulaire**" ("cells array") est le type de donnée MATLAB/Octave le plus polyvalent. Il se distingue du 'tableau standard' en ce sens qu'il peut se composer d'**objets de types différents** (scalaire, vecteur, chaîne, matrice, structure... et même tableau cellulaire => permettant ainsi même de faire des tableaux cellulaires imbriqués dans des tableaux cellulaires !).

Initialement uniquement bidimensionnels sous Octave, les tableaux cellulaires peuvent désormais être **multidimensionnels** (i.e. à 3 indices ou plus) depuis Octave 3.

Pour définir un tableau cellulaire et accéder à ses éléments, on recourt aux **accolades** `{ }` (notation qui ne désigne ici pas, contrairement au reste de ce support de cours, des éléments optionnels). Ces accolades seront utilisées soit au niveau des **indices** des éléments du tableau, soit dans la définition de la **valeur** qui est introduite dans une cellule. Illustrons ces différentes syntaxes par un exemple.

Exemple :

A) Nous allons **construire le tableau cellulaire** 2D de 2x2 cellules `T` ci-contre par étapes successives. Il contiendra donc les cellules suivantes :
- une chaîne 'hello'
- une matrice 2x2 [22 23 ; 24 25]
- un tableau contenant 2 structures (nom et age de 2 personnes)
- et un tableau cellulaire 1x2 imbriqué { 'quatre'   44 }

Tableau cellulaire **T**

'hello'	22 23 24 25
personne nom: 'Dupond' age: 25 nom: 'Durand' age: 30	{ 'quatre' 44 }

- commençons par définir, indépendemment du tableau celulaire T, le tableau de structures "personne" avec `personne.nom='Dupond'; personne.age=25; personne(2).nom='Durand'; personne(2).age=30;`
- avec `T(1,1)={ 'hello' }` ou `T{1,1}='hello'` on définit la première cellule (examinez bien l'usage des **parenthèses** et des **accolades** !) ;
  comme T ne préexiste pas, on pourrait aussi définir cette première cellule tout simplement avec `T={'hello'}`
- avec `T(1,2)={ [22 23 ; 24 25] }` ou `T{1,2}=[22 23 ; 24 25]` on définit la seconde cellule
- puis `T(2,1)={ personne }` on définit la troisième cellule
- avec `T(2,2)={ { 'quatre' , 44 } }` ou `T{2,2}={ 'quatre' , 44 }` on définit la quatrième cellule
- on aurait aussi pu définir tout le tableau en une seule opération ainsi :
  `T={ 'hello' , [22 23 ; 24 25] ; personne , { 'quatre' , 44 } }`
  Remarque : on aurait pu omettre les virgules dans l'expression ci-dessus

B) Pour **accéder aux éléments** d'un tableau cellulaire, il faut bien comprendre la différence de syntaxe suivante :
 - la notation `tableau (i,j)` (usage de **parenthèses**) retourne le "**container**" de la **cellule** d'indice *i,j* du *tableau* (tableau cellulaire à 1 élément)
 - par extension, `tableau (i,:)` retournerait par exemple un nouveau tableau cellulaire contenant la *i*-ème ligne de *tableau*
 - tandis que `tableau {i,j}` (usage d'**accolades**) retourne le **contenu** (c-à-d. la valeur) de la **cellule** d'indice *i,j*

- ainsi `T(1,2)` retourne le container de la seconde cellule de T (tableau cellulaire à 1 élément)
- et `T(1,:)` retourne un tableau cellulaire contenant la première ligne du tableau T
- alors que `T{1,2}` retourne le contenu de la seconde cellule, soit la matrice [22 23 ; 24 25] proprement dite
  et `T{1,2}(2,2)` retourne la valeur 25 (4e élément de cette matrice)
- avec `T{2,1}(2)` on récupère la seconde structure relative à Durand
  et `T{2,1}(2).nom` retourne la chaîne 'Durand', et `T{2,1}(2).age` retourne la valeur 30
  et l'on pourrait p.ex. changer le nom de la second personne avec `T{2,1}(2).nom='Muller'`
- avec `T{2,2}` on récupère le tableau cellulaire de la 4e cellule
  et `T{2,2}{1,1}` retourne la chaîne 'quatre', et `T{2,2}{1,2}` retourne la valeur 44
  et l'on pourrait p.ex. changer la valeur avec `T{2,2}{1,2}=4`

C) Pour **supprimer** une ligne ou une colonne d'un tableau cellulaire, on utilise la syntaxe habituelle :

- ainsi `T(2,:)=[]` supprime la seconde ligne de T

D) Pour **récupérer** sur un **vecteur numérique** tous les nombres d'une colonne ou d'une ligne d'un tableau cellulaire :

- soit le tableau cellulaire suivant: `TC={'aa' 'bb' 123 ; 'cc' 'dd' 120 ; 'ee' 'ff' 130}`

- tandis que `vec_cel=TC(:,3)` nous retournerait un "**vecteur cellulaire**" contenant la 3e colonne de ce tableau,
- on peut directement récupérer (sans faire de boucle `for`), sur un **vecteur de nombres**, tous les éléments de la 3e colonne avec `vec_nb = [ TC{:,3} ]`
- ou par exemple calculer la moyenne de tous les nombres de cette 3e colonne avec `mean( [ TC{:,3} ] )`

E) Et l'on peut même utiliser l'**indexation logique** pour extraire des parties de tableau cellulaire !

Voici un exemple parlant :
- soit le tableau cellulaire de personnes et âges : `personnes={'Dupond' 25; 'Durand' 30; 'Muller' 60}`
- l'instruction `personnes( ([ personnes{:,2} ] > 27)' ,1)` retourne alors, sous forme de tableau cellulaire,
  les noms des personnes âgées de plus de 27 ans (Durand et Muller) ;
- pour ce faire, on a ici "indexé logiquement" la première colonne de `personnes` (contenant les noms)
  par le vecteur logique `[ personnes{:,2} ] > 27` (que l'on transpose pour qu'il soit en colonne),
  et on n'extrait de ce tableau `personnes` que la `1` ère colonne (les noms)

Il est intéressant de noter que les tableaux cellulaires peuvent être utilisés comme **paramètres d'entrée** et **de sortie** à toutes les **fonctions** MATLAB/Octave (un tableau cellulaire pouvant, par exemple, remplacer une liste de paramètres d'entrée).

Il est finalement utile de savoir, en matière d'échanges, qu'Octave permet de sauvegarder des tableaux cellulaires sous forme texte (avec `save -text` ...), ce que ne sait pas faire MATLAB.

4.9.2 Fonctions spécifiques relatives aux tableaux cellulaires

Nous présentons dans le tableau ci-dessous les **fonctions** les plus importantes **spécifiques aux tableaux cellulaires**.

On utilisera en outre avec profit, dans des tableaux cellulaires contenant des chaînes de caractères, les fonctions de tri et de recherche `sort` / `sortrows` , `unique` , `intersect` / `setdiff` / `union` et `ismember` présentées plus haut.

Fonction	Description

`cell(n)`
`cell(n,m)`
`cell(n,m,o,p...)`
	Crée un objet de type **tableau cellulaire** carré de dimension *n* x *n*, respectivement de *n* lignes x *m* colonnes, dont tous les éléments sont vides. Avec plus que 2 paramètres, crée un tableau cellulaire multidomensionnel.
	
	Mais, comme l'a démontré l'exemple ci-dessus, un tableau cellulaire peut être créé, sans cette fonction, par une simple affectation de type `tableau={ valeur }` ou `tableau{1,1}=valeur` , puis sa dimension peut être étendue dynamiquement

`iscell(var)`
 	
`iscellstr(var)`
	Test si *var* est un objet de type tableau cellulaire : retourne 1 si c'est le cas, 0 sinon.
	
	Test si *var* est un tableau cellulaire de **chaînes**.

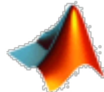
[*n m*]= `size(tab_cel)`	Retourne la **taille** (nombre *n* de **lignes** et *m* de **colonnes**) du tableau cellulaire *tab_cel*
mat = `cell2mat(tab_cel)`	Convertit le tableau cellulaire *tab_cel* en une matrice *mat* en concaténant ses éléments **Ex**: `cell2mat( { 11 22 ; 33 44 } )` retourne [11 22 ; 33 44]
tab_cel_string = `cellstr(mat_string)`	Conversion de la "matrice de chaînes" *mat_string* en un **tableau cellulaire de chaînes** *tab_cel_string*. Chaque ligne de *mat_string* est automatiquement "nettoyée" des <espaces> de remplissage (trailing blanks) avant d'être placée dans une cellule. Le tableau cellulaire résultant aura 1 colonne et autant de lignes que *mat_string*.
mat_string = `char(tab_cel_string)`	Conversion du tableau cellulaire de chaînes *tab_cel_string* en une **matrice de chaînes** *mat_string*. Chaque chaîne de *tab_cel_string* est automatiquement complétée par des <espaces> de remplissage (trailing blanks) de façon que toutes les lignes de *mat_string* aient le même nombre de caractères.

`celldisp(tab_cel)`	Affiche récursivement le **contenu** du tableau cellulaire *tab_cel*. Utile sous MATLAB où, contrairement à Octave, le fait de frapper simplement `tab_cel` n'affiche pas le contenu de *tab_cel* mais le type des objets qu'il contient.
M `cellplot(tab_cel)`	Affiche une figure représentant **graphiquement** le contenu du tableau cellulaire *tab_cel*
`num2cell`	Conversion d'un tableau numérique en tableau cellulaire
`struct2cell` , `cell2struct`	Conversion d'un tableau de structures en tableau cellulaire, et vice-versa
`cellfun(function,tab_cel {,dim})`	Applique la fonction *function* (qui peut être: `'isreal'` , `'isempty'` , `'islogical'` , `'length'` , `'ndims'` ou `'prodofsize'`) à tous les éléments du tableau cellulaire *tab_cell*, et retourne un tableau numérique

4.9.3 Listes Octave

Le type d'objet "liste" était **propre à Octave**. Conceptuellement proches des "tableaux cellulaires", les listes n'ont plus vraiment de sens aujourd'hui et disparaissent de Octave depuis la version 3.4. On trouve sous **ce lien** des explications relatives à cet ancien type d'objet.

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 24-09-2012



5. Diverses autres notions MATLAB/Octave

5.1 Dates et temps

5.1.1 Généralités

De façon interne, MATLAB/Octave gère les dates et le temps sous forme de **nombres** (comme la plupart des autres langages de programmation, tableurs...). L' "**origine du temps**", pour MATLAB/Octave, a été définie au **1er janvier de l'an 0** à minuit, et elle est mise en correspondance avec le nombre 1 (vous pouvez vérifier cela avec `datestr(1.0001)`). **Chaque jour** qui passe, ce nombre est **incrémenté de 1**, et les heures, minutes et secondes dans la journée correspondent donc à des fractions de jour (partie décimale du nombre exprimant le temps).

On obtient la liste des fonctions relatives à la gestion du temps avec M `helpwin timefun` ou au chapitre "Timing Utilities" du manuel Octave.

5.1.2 Fonctions retournant la date et heure courante

Fonction	Description
`now`	Retourne le nombre exprimant la **date et heure locale courante** (donc le nombre de jours -et fractions de jours- écoulés depuis le 1er janvier 0000). Passez au préalable la commande `format long` si vous voulez afficher ce nombre en pleine précision. Ex: • `rem(now,1)` (partie décimale) retourne donc l'heure locale courante sous forme de fraction de jour, et `datestr(rem(now,1),'HH:MM:SS')` retourne l'heure courante sous forme de chaîne ! • `floor(now)` (partie entière) retourne donc le numéro de jour relatif à la date courante, et `datestr(floor(now))` la même chose que la fonction `date`
`date`	Retourne la **date courante** sous forme de **chaîne** de caractère au format 'dd-mmm-yyyy' (où mmm est le nom du mois en anglais abrégé aux 3 premiers caractères) Ex: `date` retourne 08-Apr-2005
`clock`	Retourne la **date et heure courante** sous forme d'un vecteur-ligne de 6 **valeurs numériques** [*annee mois jour heure minute seconde*]. Est identique à `datevec(now)` . Pour avoir des valeurs entières, faire `fix(clock)` . Ex: `clock` retourne le vecteur [2005 4 8 20 45 3] qui signifie 8 Avril 2005 à 20h 45' 03"

5.1.3 Fonctions de conversion

Fonction	Description

`datenum(`*annee, mois, jour* `{,` *heure, minute, seconde* `})`
 	
`datenum(`*date_string*`)`
	Retourne le **nombre** exprimant la date spécifiée par la chaîne *date_string* (voir `help datenum` pour les formats possibles), ou par les nombres *annee*, *mois*, *jour*, { *heure*, *minute* et *seconde* }
	
	Ex : `datenum(2005,4,8,20,45,0)` et `datenum('08-Apr-2005 20:45:00')` retournent le nombre 732410.8645833334

`datestr(`*date_num* `{,'`*format*`'} )`
 	
`datestr(`*date_num* `{,`*code*`} )`
	Convertit en **chaîne de caractères** la date/heure *date_num* spécifiée de façon numérique. Le formatage peut être spécifié par un *format* ou un *code* (voir `help datestr` pour plus de détails). Parmi les symboles qui peuvent être utilisés et combinés dans un *formats*, mentionnons :
	- `dd` , `dddd` , `ddd` : numéro du **jour**, nom du jour, nom abrégé

	- `mm` , `mmmm` , `mmm` : numéro du **mois**, nom complet, nom abrégé - `yyyy` , `yy` : **année** à 4 ou 2 chiffre - `HH` : **heures** ; `MM` : **minutes** - `SS` : **secondes** ; `FFF` : **milli-secondes** En l'absence de *format* ou de *code*, c'est un format `'dd-mmm-yyyy HH:MM:SS'` qui est utilisé par défaut Si le paramètre *date_num* est compris entre 0 et 1, cette fonction retourne des **heures/minutes/secondes**. Ex: • `datestr(now)` ou `datestr(now,'dd-mmm-yyyy HH:MM:SS')` retournent '08-Apr-2005 20:45:00' • `datestr(now,'ddd')` retourne 'Fri' (abréviation de Friday) (voir aussi la fonction `weekday` ci-dessous) Cette fonction était buguée sous Octave 3.0.5 à 3.2.x lorsque *date_num* correspondait à une date antérieure au 1er janvier 1970 sous Windows, et antérieure au 13 décembre 1901 sous Linux. C'est corrigé depuis Octave 3.4.
[*annee mois jour heure minute seconde*] = `datevec(date)`	A partir de la *date* spécifiée sous forme de chaîne de caractères (voir `help datevec` pour les formats possibles) ou sous forme numérique, retourne un vecteur ligne de 6 **valeurs numériques** définissant l'*annee*, *mois*, *jour*, *heure*, *minute* et *seconde* (comme `clock`). Pour avoir des valeurs entières, faire `fix(datevec(date))` . Ex: `datevec(732410.8646180555)` et `datevec('08-Apr-2005 20:45:03')` retournent le vecteur [2005 4 8 20 45 3]

5.1.4 Fonctions utilitaires

Fonction	Description

`calendar`
`calendar(annee,mois)`
`calendar(date)`
	Retourne une matrice 6x7 contenant le **calendrier du mois** courant, ou du mois contenant la *date* spécifiée (sous forme de chaîne de caractère ou de nombre), ou du *mois/annee* spécifiée (sous forme de nombres)
	
	Ex: `calendar(2005,4)` ou `calendar('8-Apr-2005')` retournent :
	
	`                 Apr 2005`
	`     S     M    Tu     W    Th     F     S`
	`     0     0     0     0     0     1     2`
	`     3     4     5     6     7     8     9`
	`    10    11    12    13    14    15    16`
	`    17    18    19    20    21    22    23`
	`    24    25    26    27    28    29    30`
	`     0     0     0     0     0     0     0`
	
	(les 2 premières lignes, ici en gras, ne se trouvent pas dans la matrice 6x7 si vous appelez la fonction `calendar` en l'affectant à une variable)

[*numero_jour nom_jour*] = `weekday(date)`	Retourne le *numero_jour* (nombre) et *nom_jour* (chaîne) (respectivement: `1` et `Sun` , `2` et `Mon` , `3` et `Tue` , `4` et `Wed` , `5` et `Thu` , `6` et `Fri` , `7` et `Sat`) correspondant à la *date* spécifiée (passée sous forme de chaîne de caractère **ou** de nombre). Si cette fonction est affectée à une variable scalaire, retourne le *numero_jour*. Voir aussi, plus haut, la fonction `datestr` avec le format `'ddd'` . Ex: `[no nom]=weekday(732410.8646180555)` et `[no nom]=weekday('08-Apr-2005 20:45:03')` retournent les variables No=6 et Nom='Fri'
`eomday(annee,mois)`	Retournent le **nombre de jours** du *mois/annee* (spécifié par des nombres) Ex: `eomday(2005,4)` retourne 30 (i.e. il y a 30 jours dans le mois d'avril 2005)
`datetick('x|y|z',format)`	Sur l'axe spécifié (x, y ou z) d'un **graphique**, remplace au niveau des **labels** correspondants aux lignes de quadrillage (tick lines), les valeurs numériques par des **dates** au *format* indiqué Sous Octave, implémenté depuis la version 3.2.0

5.1.5 Fonctions de timing et de pause

Fonction	Description
`cputime`	• Sous MATLAB : retourne le nombre de secondes qui se sont écoulées depuis le début de la session MATLAB ("ellapse time") • Sous Octave : retourne le nombre de secondes de processeur consommées par Octave depuis le début de la session ("CPU time") ; sous Octave cette fonction a encore d'autres paramètres de sortie (voir `help cputime`) Ex: `t1 = cputime; A=rand(1000,1000); B=inv(A); dt = cputime-t1` : génération d'une matrice aléatoire A de dimension 1000 x 1000, inversion de celle-ci sur B, puis affichage du temps comsommé au niveau CPU pour faire tout cela (env. 8 secondes sur un Pentium 4 à 2.0 GHz, que ce soit sous MATLAB ou Octave)

`tic`
`   instructions MATLAB/Octave...`
`ellapse_time = toc`
	La fonction `tic` démarre un compteur de temps, et la fonction `toc` l'arrête en retournant (sur la variable *ellapse_time* spécifiée) le **temps écoulé** en secondes
	
	Ex: l'exemple ci-dessus pourrait être aussi implémenté ainsi : `tic; A=rand(1000,1000); B=inv(A); dt = toc`

`etime(t2,t1)`	Retourne le **temps**, en secondes, séparant l'instant *t1* de l'instant *t2*. Ces 2 paramètres sont au format `clock` (donc vecteur-ligne [*annee mois jour heure minute seconde*]) Ex: l'exemple ci-dessus pourrait être aussi implémenté ainsi : `t1 = clock; A=rand(1000,1000); B=inv(A); dt = etime(clock,t1)`

`pause(secondes)`
ou O `sleep(secondes)`
 	
`pause`
	Se met en **attente** durant le nombre de *secondes* spécifié.
	
	Passée sans paramètre, la fonction `pause` attend que l'utilisateur frappe n'importe quelle touche au clavier.
	
	Ex: dans un script, les lignes suivantes permettent de faire une pause bien explicite :
	`disp('Frapper n''importe quelle touche pour continuer... ') ; pause ;`

5.2 Résolution d'équation non linéaire

Les fonctions `fzero('fonction',x0)` ou `fsolve('fonction',x0)` permettent de trouver, par approximations successives en partant d'une valeur donnée x= `x0`, la(les) racine(s) d'une `fonction` non linéaire **y=f(x)**, c'est-à-dire les valeurs **x1**, **x2**, **x3**... pour lesquelles f(x)=0 .

Remarque : sous **MATLAB**, la fonction `fzero` est standard, mais la fonction `fsolve` est implémentée dans la toolbox "Optimisation".

Illustrons l'usage de cette fonction par un **exemple** :

Étape	Réalisation
1) Soit la **fonction** de 3e degré : **y = - 0.5*x^3 - x^2 + 15*x - 8**	On doit donc trouver les solutions x1, x2... pour f(x)=0, donc : - 0.5*x^3 - x^2 + 15*x - 8 = 0

2) Commençons par définir cette équation sous forme d'une **fonction** MATLAB/Octave
 	
*(voir chapitre "**Fonctions**")*
	Réaliser le M-file appelé `fct_deg3.m` contenant par conséquent le code suivant :
	`function [Y]=fct_deg3(X)`
	`  Y = - 0.5 * X.^3 - X.^2 + 15*X - 8`
	`return`

3) Puis **graphons** rapidement cette fonction (autour de -20 ≤ x ≤ 20) pour estimer graphiquement une valeur approximative x0 de départ *(voir l'usage de la fonction `fplot` au chapitre "**Graphiques 2D**")*	Le code `fplot('fct_deg3(x)',[-20 20])` produit le graphique ci-dessous : fct_deg3(x) 4000 3000 2000 1000 0 -1000 -2000 -3000 -4000 -5000 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20
4) Zoomons autour de la solution (qui a l'air de se trouver vers 1 et 4) en rétrécissant l'intevalle à 0 ≤ x ≤ 5	Le code `fplot('fct_deg3(x)',[0 5]) ; grid('on')` produit le graphique ci-dessous (sauf les étiquettes x1 et x2 que nous avons ajoutées manuellement) : fct_deg3(x) x2 x1 20 15 10 5 0 -5 -10 -15 -20 -25 0 1 2 3 4 5
5) Choisissons la valeur de départ x0 = 5, et recherchons la **première solution**	Entrons `x1=fzero('fct_deg3',5)` ou `x1=fsolve('fct_deg3',5)` Après une série d'itérations, Octave retourne : x1 = 4.2158 On peut vérifier que c'est bien une solution en entrant `fct_deg3(x1)` qui retourne bien 0 (ou une valeur infiniment petite)
6) Choisissons la valeur de départ x0 = 0, et recherchons la **seconde solution**	Entrons `x2=fzero('fct_deg3',0)` ou `x2=fsolve('fct_deg3',0)` Après une série d'itérations, Octave retourne : x2 = 0.56011 On peut vérifier que c'est bien une solution en entrant `fct_deg3(x2)` qui retourne bien 0 (ou une valeur infiniment petite)

5.3 Polynômes

Chapitre en cours de rédaction

5.4 Courbes de tendance

Chapitre en cours de rédaction

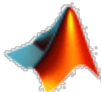
5.5 Interpolation

Chapitre en cours de rédaction

5.6 Transformées de Fourier

Chapitre en cours de rédaction

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 24-09-2012



6. Graphiques, images, animations

6.1 Concepts de base

Les fonctionnalités décrites dans cette page web se réfèrent aux logiciels/versions suivants :

- **MATLAB 7**, avec son moteur de graphiques intégré
- **GNU Octave-Forge 3.6.2**, avec les backends **Gnuplot 4.6.0** (backend traditionnel) et **FLTK**/OpenGL (qui fait son apparition avec Octave 3.4)

L'**aide en ligne** relative aux fonctions de réalisation de graphiques s'obtient, de façon classique, en frappant `help` *`fonction_graphique`* (Ex: `help plot`). En outre :

- sous **MATLAB**: les commandes `help graph2d`, `help graph3d` et `help specgraph` affichent la liste des fonctions graphiques disponibles
- sous **Octave**: on se réfèrera au Manuel Octave (HTML ou PDF) au chapitre "Plotting", ou via la commande `doc` *`fonction_graphique`*

Pour une **comparaison** des possibilités graphiques entre Octave/FLTK, Octave/Gnuplot et MATLAB, voyez cette intéressante page : **http://octave.sourceforge.net/compare_plots/**

6.1.1 Notion de "backends graphiques" sous Octave

MATLAB, de par sa nature commerciale monolithique, intègre son propre moteur d'affichage de graphiques.

GNU Octave est conçu de façon modulaire (voir chapitre "**Packages Octave-Forge**") et s'appuie également sur des logiciels externes. C'est ainsi que le logiciel libre de visualisation **Gnuplot** a longtemps été utilisé par Octave comme "moteur graphique" standard (par défaut). Depuis la version 3.4 (en 2011), Octave embarque désormais son propre moteur graphique basé **FLTK**/OpenGL, ce qui n'empêche pas l'utilisateur de recourir à d'autres "backends" graphiques disponibles, s'il le souhaite.

Parmi les autres projets de couplage ("bindings") avec des grapheurs existants, ou de développement de backends graphiques propres à Octave, on peut citer :

- **QtHandles** (basé sur le framework Qt) : backend 2D/3D, qui apparaît dans la distribution Octave 3.6.1 Windows MSVS
- **Octaviz** : 2D/3D, assez complet (wrapper donnant accès aux classes **VTK**, Visualization ToolKit) (voir article **FI-EPFL 5/07**)
- **OctPlot** : 2D (ultérieurement 3D ?)
- **epsTK** : fonctions spécifiques pour graphiques 2D très sophistiqués (était intégré à la distribution Octave-Forge 2.1.42 Windows)

Quant aux anciens projets suivants, ils sont (ou semblent) arrêtés : **JHandles** (package Octave-Forge, développement interrompu depuis 2010, voir cette ancienne **page**), **Yapso** (Yet Another Plotting System for Octave, 2D et 3D, basé OpenGL), **PLplot** (2D et 3D), **Oplot++** (2D et 3D, seulement sous Linux et MacOSX), **KMatplot** (2D et 3D, ancien, nécessitant Qt/KDE), **KNewPlot** (2D et 3D, ancien, nécessitant Qt et OpenGL), **Grace** (2D).

6.1.2 Les backends FLTK/OpenGL et Gnuplot depuis GNU Octave-Forge 3.4

La version **3.4** constitue une avancée majeure de **Octave** avec l'arrivée d'un moteur graphique spécifique et l'implémentation avancée du mécanisme MATLAB des "handles graphics". Nous avons ainsi actuellement le choix entre deux backends principaux :

a. le backend traditionnel **Gnuplot** : logiciel de visualisation libre développé indépendemment de Octave, à l'origine essentiellement orienté tracé de courbes 2D et de surfaces 3D en mode "filaire". Devenu capable, depuis la version 4.2, de remplir des surfaces colorées, cela a permis, depuis Octave 3, l'implémentation de fonctions graphiques 2D/3D classiques MATLAB (fill, pie, bar, surf...). Les "handles graphics" ont commencé à être implémentés avec Gnuplot depuis Octave 2.9 !
b. le nouveau backend basé sur **FLTK** (Fast Light Toolkit) s'appuyant sur **OpenGL**, qui est plus rapide et offre davantage d'interactivité que Gnuplot

Choix du backend graphique :

En premier lieu la commande `available_graphics_toolkits` montre quels sont les backends disponibles.

Pour basculer d'un backend à l'autre, il faut commencer par fermer les éventuelles fenêtres de graphiques ouvertes avec

`close('all')` , puis :

- pour passer de FLTK à **Gnuplot**, passer la commande: `graphics_toolkit('gnuplot')`
- pour passer de Gnuplot à **FLTK**, passer la commande: `graphics_toolkit('fltk')`

6.1.3 Fenêtres de graphiques

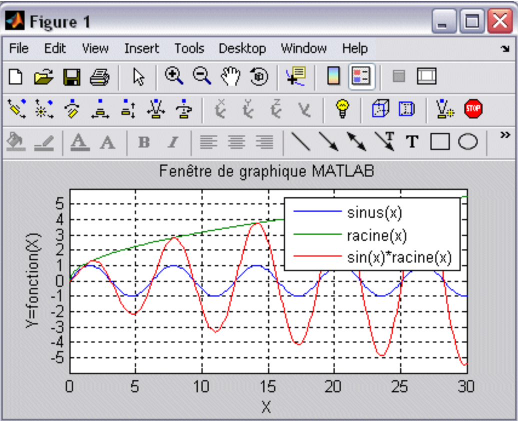
Les graphiques MATLAB/Octave sont affichés dans des **fenêtres de graphiques** spécifiques appelées "**figures**". Celles-ci apparaissent lorsqu'on fait usage des commandes `figure` , `subplot` , ou automatiquement lors de toute commande produisant un tracé (graphique 2D ou 3D).

De façon analogue au workspace avec la commande `save` , **MATLAB** permet de **sauvegarder une figure** en tant qu'**objet** avec la commande `saveas(`*`handle`*`,'`*`fichier`*`','fig')` puis de la récupérer ultérieurement avec `open` afin de la compléter... Cela n'est pas possible sous Octave (où la commande `saveas` se limite aux fonctionnalités de la commande `print`).

On présente ci-dessous l'aspect et les fonctionnalités des fenêtres graphiques correspondant aux différentes versions de backends. Le code qui a été utilisé pour produire les illustrations est le suivant :

```
x=0:0.1:10*pi;
y1=sin(x); y2=sqrt(x); y3=sin(x).*sqrt(x);
plot(x,y1,x,y2,x,y3);
grid('on');
axis([0 30 -6 6]);
set(gca,'Xtick',0:5:30);  set(gca,'Ytick',-5:1:5);
title('Fenêtre de graphique MATLAB / FLTK / Gnuplot');
xlabel('X'); ylabel('Y=fonction(X)');
legend('sinus(x)','racine(x)','sin(x)*racine(x)');
```

Fenêtre graphique MATLAB 7



Les caractéristiques principales des fenêtres de graphiques **MATLAB** sont :

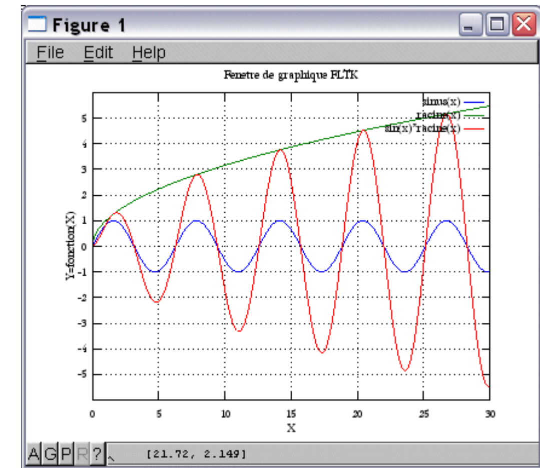
- Une **barre de menus** comportant notamment :
  - `Edit>Copy Figure` : copie de la figure dans le presse-papier (pour la "coller" ensuite dans un autre document) ; voyez `Edit>Copy Options` qui permet notamment d'indiquer si vous prenez l'image au format vecteur (défaut => bonne qualité, redimensionnable...) ou raster, background coloré ou transparent...
  - `Tools>Edit Plot` , ou commande `plotedit` , ou bouton-curseur [Edit Plot] de la barre d'outils : permet de sélectionner les différents objets du graphique (courbes, axes, textes...) et, en double-cliquant dessus ou via les articles du menu `Tools` , d'éditer leurs propriétés (couleur, épaisseur/type de trait, symbole, graduation/sens des axes...)
  - `File>Save as` : exportation du graphique sous forme de fichier en différents formats raster (JPEG, TIFF, PNG, BMP...) ou vecteur (EPS...)
  - `File>Page/Print Setup` , `File>Print Preview` , `File>Print` : mise en page, prévisualisation et impression d'un graphique (lorsque vous ne le "collez" pas dans un autre document)
  - Affichage de palettes d'outils supplémentaires avec `View>Plot Edit Toolbar` et `View>Camera Toolbar`
  - `View>Property Editor` , ou dans le menu `Edit` les articles `Figure Properties` , `Axes Properties` , `Current Object Properties` et `Colormap` , puis le bouton [Inspector] (ou commande `propedit`) : pour modifier de façon très fine les propriétés d'un graphique (via ses handles...)
  - Ajout/dessin d'objets depuis le menu `Insert`
  - Un menu `Camera` apparaît lorsque l'on passe la commande `cameramenu`

- La **barre d'outils** principale, comportant notamment :
  - bouton-curseur [Edit Plot] décrit plus haut

- boutons-loupes [+] et [-] (équivalents à `Tools>Zoom In|Out`) pour zoomer/dézoomer interactivement dans le graphique ; voir aussi les commandes `zoom on` (puis cliquer-glisser, puis `zoom off`), `zoom out` et `zoom(facteur)`
- bouton [Rotate 3D] (équivalent à `Tools>Rotate 3D`) permettant de faire des **rotations 3D**, par un cliquer-glisser avec le bouton <gauche>, y compris sur des graphiques 2D !
- boutons [Insert Colorbar] (équivalent à la commande `colorbar`) et [Insert Legend] (équivalent à la commande `legend`)
- boutons [Show|Hide Plot Tools] (ou voir menu `View`) affichant/masquant des sous-fenêtres de dialogues supplémentaires (Figure Palette, Plot Browser, Property Editor)

Fenêtre graphique FLTK/OpenGL depuis Octave ≥ 3.4

Les caractéristiques principales des fenêtres de graphiques **FLTK** sous Octave sont :

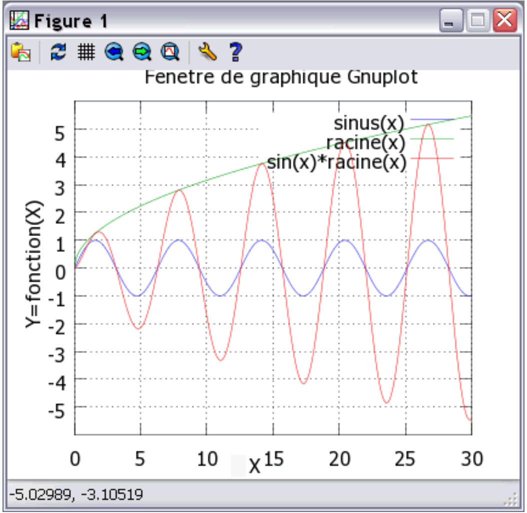


- Une **barre de menus** comportant :
  Bug sous Octave 3.6 (toutes plateformes) : la barre de menus n'apparaît pas
  - `File>Save {as}` : **sauvegarder** la figure sur un fichier de type (selon l'extension spécifiée):
    • vectorisé: PDF, PS (PostScript)
    • raster: GIF, PNG, JPG
    Bug sous Octave 3.4 si le path du fichier à sauvegarder contient des espaces
  - `File>Close` : fermer la fenêtre de figure (identique à la case de fermeture `[X]` ou à la commande `close`)
  - `Edit>Grid` : bascule d'activation/désactivation de l'affichage de la **grille** (équivalent à la commande `grid('on|off')`)
  - `Edit>Autoscale` : se remet en mode "**autoscaling**", c-à-d. ajustement dynamique des limites inférieures et supérieures des axes X, Y pour afficher l'intégralité des données (équivalent à la commande `axis('auto')`)
  - `Edit>GUI Mode>Pan+Zoom` ou bouton `[P]` : dans des fenêtres de graphiques 3D, le bouton <gauche> de la souris fera du "pan" (déplacement)
  - `Edit>GUI Mode>Rotate+Zoom` ou bouton `[R]` : dans des fenêtres de graphiques 3D, le bouton <gauche> de la souris fera du "rotate"
  - `Edit>GUI Mode>None` : désactive l'usage du bouton <gauche> de la souris

- Les **boutons** de la souris et la **barre d'outils** en bas à gauche s'utilisent ainsi :
  - <gauche>-glisser :
    • graphiques 2D : **pan** (déplacement horizontal et/ou vertical)
    • graphiques 3D : **pan** ou **rotate**, selon le mode défini plus haut
  - <droite>-glisser : faire un **rectangle-zoom**
  - <roulette>-tourner : faire un **zoom** avant/arrière
  - <double-clic-gauche> ou <milieu> ou clavier `<a>` ou bouton `[A]` : **autoscaling**
  - clavier `<g>` ou bouton `[G]` : bascule d'affichage/masquage de la **grille**
  - bouton `[?]` : affichage aide sur les raccourcis clavier et l'usage de la souris

- Il est en outre possible de compléter cette fenêtre par des **menus personnalisés** (articles et raccourcis associés à fonctions callback...) à l'aide de la fonction `uimenu` .

Fenêtre graphique Gnuplot ≥ 4.4 depuis Octave ≥ 3.2.4



ATTENTION: au cas où la fenêtre Gnuplot sous Windows ne réagirait plus (impossible de la déplacer, curseur en "sablier"...), vous pouvez la "réveiller" en passant simplement la commande `refresh` (ou `grid`, bascule d'activation/désactivation grille). Ce bug (qui existe depuis Octave 3.0) ne se produit que dans certaines configuration de Windows.

Les caractéristiques principales de la fenêtres de graphiques **Gnuplot 4.4** sous Octave sont :

- Une **barre d'outils** (pour autant qu'elle aie été activée avec la commande `putenv('GNUTERM','wxt')`) comportant :
  - bouton [Copy the plot to clipboard] : **copie** la figure dans le "presse-papier" (pour pouvoir la "coller" ensuite dans un autre document)
  - bouton [Replot] : raffraîchit l'affichage du graphique
  - bouton [Toggle grid] : affichage/masquage de la **grille** (bascule) (équivalent à la commande `grid('on|off')`)
  - boutons [Apply the previous/next zoom settings] : pour fenêtre **2D** seulement, revient au facteur de zoom précédent/suivant
  - bouton [Apply autoscale] : pour fenêtre **2D** seulement, se remet en mode "**autoscaling**", c-à-d. ajustement dynamique des limites inférieures et supérieures des axes X, Y pour afficher l'intégralité des données (équivalent à la commande `axis('auto')`)
  - bouton [Open configuration dialog] : accès aux préférences Gnuplot :
    nous vous conseillons de désactiver l'option "put the window at the top of your desktop after each plot", sinon il faut remettre la fenêtre de commande Octave au premier plan après chaque commande de graphique
  - bouton [Open help dialog] : informations d'aide

- En outre :
  - dans l'angle inférieur gauche : s'affichent, en temps réel :
    - fenêtre **2D**: les **coordonnées X/Y** précises du **curseur**, que vous pouvez inscrire dans le graphique en cliquant avec `<milieu>`
    - fenêtre **3D**: l'orientation de la vue (angle d'**élévation** par rapport au nadir, et **azimut**) et les facteurs d'**échelle** en X/Y et en Z
  - par des cliquer-glisser ou des rotations de roulette avec la souris :
    - fenêtre **2D** ou **3D** :
      - <roulette>-tourner : déplacement du graphique selon l'axe Y
      - <maj-roulette>-tourner : déplacement du graphique selon l'axe X
      - <ctrl-roulette>-tourner : faire un zoom avant/arrière en X/Y (pas en Z pour graphiques 3D)
      - <maj-ctrl-roulette>-tourner : faire un zoom avant/arrière selon l'axe X uniquement
    - fenêtre **2D** seulement :
      - <droite> glisser <droite> : zoom interactif précis
    - fenêtre **3D** seulement :
      - <gauche>-glisser : **rotation 3D**
      - <milieu>-mvmt horizontal : **zoom** avant/arrière (utiliser <ctrl> pour graphiques complexes)
      - <milieu>-mvmt vertical : changement **échelle en Z** (utiliser <ctrl> pour graphiques complexes)
      - <maj-milieu>-mvmt vertical : changement **origine Z** (utiliser <ctrl> pour graphiques complexes)
  - en mode terminal XWT (avec barre d'icônes), Gnuplot n'a plus de sous-menu Options dans le menu contextuel de la barre de titre

- Quelques fonctionnalités plus avancées de cette fenêtre graphique Gnuplot :
  - Octave active automatiquement le "**mode souris**" de Gnuplot ; on peut aussi faire cela manuellement en frappant `m` (bascule d'activation/désactivation) dans la fenêtre graphique Gnuplot
  - d'autres **raccourci-clavier** sont possibles dans la fenêtre graphique Gnuplot (la liste de ceux-ci apparaît dans la fenêtre de commande Octave lorsque vous frappez `h` dans la fenêtre graphique), notamment :
    - `g` : affichage/masquage de la **g**rille (bascule)
    - `l` (pas possible sous Gnuplot 4.4) : axe Y (2D) ou Z (3D) **l**ogarithmique/linéaire (bascule)
    - `L` (pas possible sous Gnuplot 4.4) : axe se trouvant le plus proche du curseur **l**ogarithmique/linéaire (bascule)
    - `b` : affichage/masquage d'une **b**ox dans les graphiques **3D** (bascule)
    - `a` : pour fenêtre **2D** seulement, **a**utoscaling des axes (utile après un zoom !)
    - `7` : pour fenêtre **2D** seulement, même échelle (ratio) pour les axes X et Y (bascule)
    - `p` et `n` : pour fenêtre **2D** seulement, facteur de zoom **p**récédent, respectivement suivant (**n**ext)
    - `u` : pour fenêtre **2D** seulement, dé-zoomer (**u**nzoom)
    - `e` : r**e**plot

- `r` : affichage/masquage d'une croix (**r**uler), puis avec `5` mesure de distance/angle
- `q` : fermeture de la fenêtre graphique (**q**uit)

Pour mémoire, suivre **ce lien** pour accéder aux informations relatives aux anciennes versions de : • Gnuplot 3.x à 4.0 embarqué dans Octave-Forge 2.x Windows, • Gnuplot 4.2.2/4.3 embarqué dans Octave 3.0.1/3.0.3 MSVC

6.1.4 Axes, échelle, quadrillage, légende, titre, annotations

Les fonctions décrites dans ce chapitre doivent être **utilisées après** qu'**une fonction de dessin** de graphique ait été passée (et non avant). Elles agissent immédiatement sur le graphique courant.

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

Lorsque l'on trace un graphique, MATLAB/Octave détermine automatiquement les **limites inférieures et supérieurs** des axes X, Y {et Z} sur la base des valeurs qui sont graphées, de façon que le tracé occupe toute la fenêtre graphique (en hauteur et largeur). Les **rapports d'échelle** des axes sont donc différents les uns des autres. Les commandes `axis` et `xlim` / `ylim` / `zlim` permettent de modifier ces réglages.

a) `axis([Xmin Xmax Ymin Ymax { Zmin Zmax }])`
b) `axis('auto')`
c) `axis('manual')`
d) *lim_xyz* = `axis`

Modification des valeurs limites (sans que l'un des "aspect ratio" `equal` ou `square`, qui aurait été activé, soit annulé) :
a) recadre le graphique en utilisant les valeurs spécifiées des limites inférieures/supérieures des axes X, Y {et Z}, réalisant ainsi un **zoom** avant/arrière dans le graphique ; M sous MATLAB il est possible de définir les valeurs `-inf` et `inf` pour faire déterminer les valeurs min et max (équivalent de `auto`)
b) se remet en mode "autoscaling", c-à-d. définit dynamiquement les limites inférieures/supérieurs des axes X, Y {et Z} pour faire apparaître l'intégralité des données ; M sous MATLAB on peut spécifier '`auto x`' ou '`auto y`' pour n'agir que sur un axe
c) verrouille les limites d'axes courantes de façon que les graphiques subséquents (en mode `hold on`) ne les modifient pas lorsque les plages de valeurs changent
d) passée sans paramètre, la fonction `axis` retourne le vecteur-ligne *lim_xyz* contenant les limites [*Xmin Xmax Ymin Ymax* { *Zmin Zmax* }]

a) `xlim([Xmin Xmax])` , `ylim([Ymin Ymax])` , `zlim([Zmin Zmax])`
b) `xlim('auto')` , `ylim('auto')` , `zlim('auto')`
d) `xlim('manual')` , `ylim('manual')` , `zlim('manual')`
d) *lim_x* = `xlim` , *lim_y* = `ylim` , *lim_z* = `zlim`

Même fonctionnement que la fonction `axis`, sauf que l'on n'agit ici que **sur 1 axe** à la fois

a) `axis('equal')` ou `axis('image')` ou `axis('tight')`
b) `axis('square')`
c) `axis('normal')`
d) M `axis('vis3d')`

Modification des rapports d'échelle ("aspect ratio") (sans que les limites inf. et sup. des axes X, Y {et Z} soient affectées) :
a) définit le même rapport d'échelle pour les axes X et Y
b) définit les rapports d'échelle en X et Y de façon la zone graphée soit carrée
c) annule l'effet des "aspect ratio" `equal` ou `square`
d) sous MATLAB, bloque le rapport d'échelle pour rotation 3D

a) *ratio* = `daspect()`
b) `daspect(ratio)`
c) `daspect('auto')`

Rapport d'échelle entre les axes X-Y{-Z} (data aspect ratio) (voir aussi la commande `pbaspect` relatif au "plot box")
a) récupère, sur le vecteur *ratio* (3 éléments), le rapport d'échelle courant entre les axes du graphique
c) modifie le rapport d'échelle entre les axes selon le vecteur *ratio* spécifié
b) le rapport d'échelle est mis en mode automatique, s'adaptant dès lors à la dimension de la fenêtre de graphique

a) `axis('off | on')`
b) O `axis('nolabel | labelx | labely | labelz')`
c) O `axis('ticx | ticy | ticz')`

Désactivation/réactivation affichage cadre/axes/graduation, quadrillage et labels :
a) désactive/rétablit l'affichage du cadre/axes/graduation et quadrillage du graphique ; sous MATLAB (mais pas Octave) agit en outre également sur les étiquettes des axes (labels)
b) désactive l'affichage des graduations des axes (ticks), respectivement rétablit cet affichage de façon différenciée en x, y et/ou z
c) active l'affichage des graduations des axes (ticks) et du quadrillage (grid) de façon différenciée en x, y et/ou z

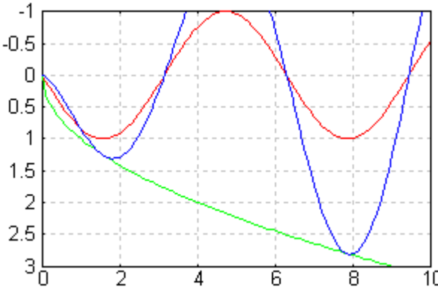
a) `axis('xy')`
b) `axis('ij')`

Inversion du sens de l'axe Y :
a) origine en bas à gauche, valeurs Y croissant de bas en haut (par défaut)
b) origine en haut à gauche, valeurs Y croissant de haut en bas

Ex 1: (graphique ci-contre réalisé avec Octave/Gnuplot)

Ne vous attardez pas sur la syntaxe de la commande plot qui sera décrite plus loin au chapitre "Graphiques 2D"

```
x=0:0.1:10*pi;
y1=sin(x); y2=sqrt(x); y3=sin(x).*sqrt(x);
plot(x,y1,x,y2,x,y3);
legend('off');
grid('on');
axis([0 10 -1 3]); % changement limites (zoom)
axis('ij');          % inversion de l'axe Y
```



a) `set(gca,'Xtick | Ytick | Ztick', [valeurs] )`
b) `set(gca,'XTickLabel | YTickLabel | ZTickLabel', labels)`
c) `tics('x|y|z', valeurs {, labels})`

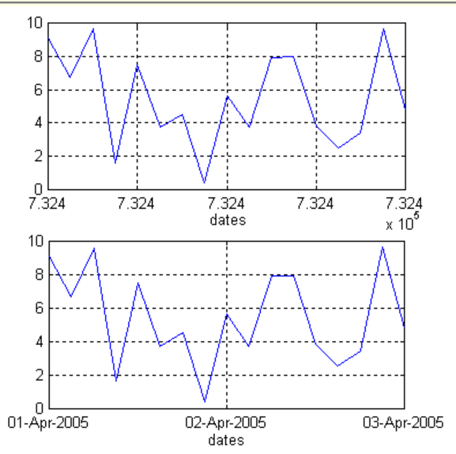
Graduation des axes et lignes de grille :
a) et b) Commandes basées sur la technique des "Handle Graphics". On utilise ici la fonction `gca` (get current axes) qui retourne le "handle" du graphique courant
a) Spécifie les *valeurs* (suite de valeurs en ordre coissant), sur l'*axe* indiqué, auxquelles il faut : dessiner un 'tick' sur l'axe, afficher la valeur, et faire partir une ligne de grille
b) Spécifie le texte à afficher (label) en regard de chaque tick. Le paramètre *labels* peut être un vecteur de nombres, une matrice de chaînes , un tableau cellulaire de chaînes. Commande particulièrement utile si l'on veut graduer l'axe avec des chaînes (p.ex. des dates formatées...). **Important** : le nombre de *valeurs* et de *labels* doit être identique !
c) Propre à Octave (implémentée dans package "plot"), cette fonction permet de redéfinir très simplement la graduation et les labels (sans passer par les "Handle Graphics") :
- le premier paramètre définit l'axe sur lequel on veut agir (x, y ou z)
- le vecteur *valeurs* (ligne ou colonne) définit les emplacements des 'ticks' et départ de lignes de grille
- et *labels* est ici un vecteur cellulaire (ligne ou colonne) de chaînes contenant les textes à afficher à coté de chaque tick (en lieu et place des valeurs)
En ne passant que le permier paramètre (x, y ou z), la fonction restaure la graduation par défaut

Voir aussi la fonction `datetick` pour graduer/formater les axes temporels

Ex 2: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

Ne vous attardez pas sur la syntaxe de la commande plot qui sera décrite plus loin au chapitre "Graphiques 2D"

```
date_debut = datenum('01-Apr-2005');
date_fin   = date_debut + 2;  % 2 jours plus tard

x=date_debut:0.125:date_fin;  % série toutes 3 h.
y=10*rand(1,length(x));

plot(x,y);
grid('on');   % => premier graphique ci-contre

xlabel('dates');

x_tick=date_debut:1:date_fin; % tous 1 jours (24 h)
set(gca,'Xtick',x_tick)
set(gca,'XTickLabel', ...
     datestr(x_tick,'dd-mmm-yyyy'))
               % => second graphique ci-contre
```



a) `grid('on | off')` ou `grid on | off`
b) `grid`

a) Activation/désactivation de l'affichage du **quadrillage** (grid). Par défaut le quadrillage d'un nouveau graphique n'est pas affiché.
b) Sans paramètre, cette fonction agit comme une bascule on/off.

Ex : voir l'exemple 1 ci-dessus

`box('on|off')`

Activation/désactivation de l'affichage, autour du graphique, d'un **cadre** (graphiques 2D) ou d'une "**boîte**" (graphiques 3D).
Sans paramètre, cette fonction agit comme une bascule on/off.

`zoom('on | xon | yon | off | out')`
`zoom(facteur)`
Pour **zoomer** d'un *facteur* donné dans la figure courante, globalement, en X ou Y...

`xlabel('label_x')` , `ylabel('label_y')` , `zlabel('label_z')`
Définit et affiche le texte de **légende des axes** X, Y et Z (étiquettes, labels). Par défaut les axes d'un nouveau graphique n'ont pas de labels.

Ex: voir l'exemple 3 ci-dessous

a) `legend('legende_t1 ','legende_t2'... {,pos} )`
b) `legend('off')`
a) Définit et place une **légende** sur le graphique en utilisant les textes spécifiés pour les tracés *t1*, *t2*... La position de la légende est définie par le paramètre `pos` : **0**= Automatic (le moins de conflit avec tracés), **1**= angle haut/droite, **2**= haut/gauche, **3**= bas/gauche, **4**=bas/droite, **-1**= en dehors à droite de la zone graphée. Avec MATLAB, la légende peut ensuite être déplacée interactivement à l'aide de la souris.
b) Désactive l'affichage de la légende

Ex: voir l'exemple 3 ci-dessous

`title('titre')`
Définit un **titre de graphique** qui est placé au-dessus de la zone graphée. Un nouveau graphique n'a par défaut pas de titre. Pour effacer le titre, définir une chaîne *titre* vide.

Ex: voir l'exemple 3 ci-dessous

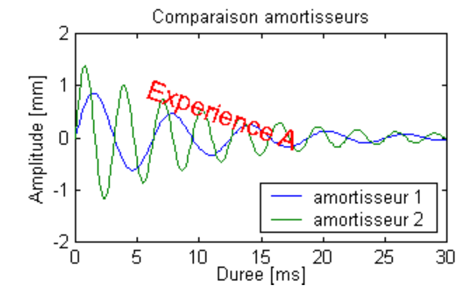
a) `text(x, y, { z,} 'chaîne' {,'propriété','valeur'...} )`
b) `gtext('chaîne' {,'propriété','valeur'...} )`
a) Définit l'**annotation** *chaîne* qui est placés sur le graphique aux coordonnées *x*, *y* {,*z*} spécifiées. Des attributs (police, taille, couleur, orientation...) peuvent être spécifiés par des couples *propriété*/*valeur* (voir exemple ci-dessous et aide en ligne). Lorsqu'on utilise plusieurs fois cette fonctions, cela ajoute à chaque fois un nouveau texte.
b) L'emplacement du texte dans le graphique est défini interactivement à l'aide de la souris.
La propriété `Rotation` n'est pas encore implémentée sous Octave 3.6.2/FLTK

Ex: voir l'exemple 3 ci-dessous

Ex 3: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

Ne vous attardez pas sur la syntaxe de la commande plot qui sera décrite plus loin au chapitre "Graphiques 2D"

```
x=linspace(0,30,200);
y1=sin(x)./exp(x/10); y2=1.5*sin(2*x)./exp(x/10);
plot(x,y1,x,y2);
xlabel('Duree [ms]'); ylabel('Amplitude [mm]');
title('Comparaison amortisseurs');
legend('amortisseur 1','amortisseur 2',4);
text(6,1,'Experience A', ...
        'FontSize',14,'Rotation',-20, ...
        'Color','red');
```



`texlabel('expression')`
Convertit au format TeX l'*expression* spécifiée. Cette fonction est généralement utilisée comme argument dans les commandes `title` , `xlabel` , `ylabel` , `zlabel` , et `text` pour afficher du texte incorporant des indices, exposants, caractères grecs...

Ex: `text(15,0.8,texlabel('alpha*sin(sqrt(x^2 + y^2))/sqrt(x^2 + y^2)'));` affiche:
α sin(sqrt(x^2 + y^2))/sqrt(x^2 + y^2)

a) `whitebg()`
b) `whitebg(couleur)`
c) `whitebg('none')`
Change la **couleur de fond** du graphique :

a) Inversion du schéma de couleur, agissant comme une bascule
b) Le fond est mis à la *couleur* spécifiée sous forme de nom (p.ex. `'yellow'`) ou de triplet RGB (p.ex. `[0.95 0.95 0.1]`)
c) Rétablit le schéma de couleur par défaut

6.1.5 Graphiques superposés, côte-à-côte, ou fenêtres graphiques multiples

Par défaut, MATLAB/Octave envoie tous les ordres graphiques à la **même fenêtre** graphique (appelée "figure"), et chaque fois que l'on dessine un **nouveau graphique** celui-ci **écrase le graphique précédent**. Si l'on désire tracer **plusieurs graphiques**, MATLAB/Octave offrent les possibilités suivantes :

A. **Superposition** de plusieurs tracés de type analogue dans le même graphique en utilisant le même système d'axes (*overlay plots*)
B. Tracer les différents graphiques **côte-à-côte**, dans la même fenêtre mais dans des axes distincts (*multiple plots*)
C. Utiliser des **fenêtres distinctes** pour chacun des graphiques (*multiple windows*)

A) Superposition de graphiques dans le même système d'axes ("overlay plots")

Fonction et description

Exemple	Illustration

a) `hold('on')` ou `hold on`
b) `hold('off')` ou `hold off`

a) Cette commande indique à MATLAB/Octave d'accumuler (**superposer**) les ordres de dessin qui suivent dans la même figure (pour empêcher qu'un nouveau tracé efface le précédent). Elle peut être passée avant tout tracé ou après le premier ordre de dessin. Dans les modes "multiple plots" ou "multiple windows" (voir plus bas), l'état on/off de hold est mémorisé indépendemment pour chaque sous-graphique, resp. chaque fenêtre de figure
b) Après cette commande, MATLAB/Octave est remis dans le mode par défaut, c'est-à-dire que tout nouveau graphique effacera le précédent. En outre, les annotations et attributs de graphique précédemment définis (labels x/y/z, titre, légende, état on/off de la grille...) sont bien évidemment effacés.

Remarque: les 2 primitives de base de tracé de lignes `line` et de surfaces remplies `patch` (présentées plus bas) permettent de dessiner par "accumulation" dans un graphique sans que `hold` soit à `on` !

`ishold`

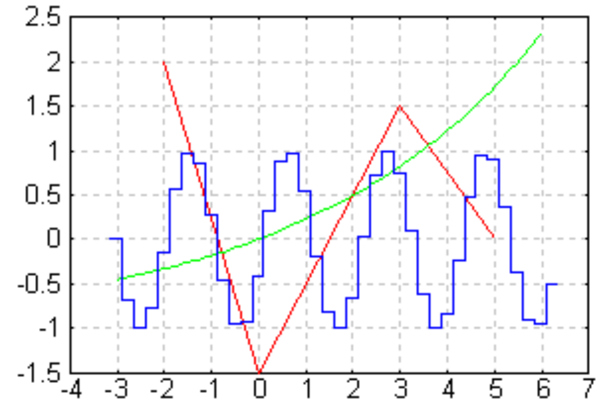
Retourne l'état courant du mode hold pour la figure active ou le sous-graphique actif : `0` (false) si hold est off, `1` (true) si hold est on.

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

Ne vous attardez pas sur la syntaxe des commandes plot, fplot et stairs qui seront décrites plus loin au chapitre "Graphiques 2D"

```
x1=[-2 0 3 5]; y1=[2 -1.5 1.5 0];
plot(x1,y1,'r');                  % rouge
 hold('on');
fplot('exp(x/5)-1',[-3 6],'g');   % vert
x3=-pi:0.25:2*pi; y3=sin(3*x3);
stairs(x3,y3,'b');                % bleu
grid('on');
```

Vous constaterez que :
• on superpose des graphiques de types différents (plot, fplot, stairs...)
• ces graphiques ont, en X, des plages et des nombres de valeurs différentes



B) Graphiques côte-à-côte dans la même fenêtre ("multiple plots")

Fonction et description

Exemple	Illustration

`subplot(L,C,i)`

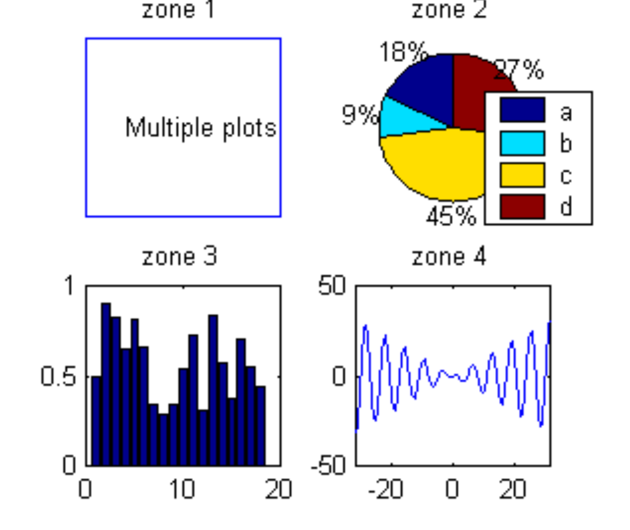
Découpe la fenêtre graphique courante (créée ou sélectionnée par la commande `figure(numero)`, dans le cas où l'on fait du "multiple windows") en `L` lignes et `C` colonnes, c'est-à-dire en *L* x *C* espaces qui disposeront chacun leur propre système d'axes (mini graphiques). **Sélectionne** en outre la `i`-ème zone (celles-ci étant numérotées ligne après ligne) comme espace de tracé courant.

- Si aucune fenêtre graphique n'existe, cette fonction en ouvre automatiquement une
- Si l'on a déjà une fenêtre graphique simple (i.e. avec 1 graphique occupant tout l'espace), le graphique sera effacé !
- Dans une fenêtre donnée, une fois le "partitionnement" effectué (par la 1ère commande `subplot`), on ne devrait plus changer les valeurs *L* et *C* lors des appels subséquents à `subplot`, faute de quoi on risque d'écraser certains sous-graphiques déjà réalisés !

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

Ne vous attardez pas sur la syntaxe des commandes plot, pie, bar et fplot qui seront décrites plus loin au chapitre "Graphiques 2D"

```
subplot(2,2,1);
plot([0 1 1 0 0],[0 0 1 1 0]);
text(0.2,0.5,'Multiple plots');
axis('off'); legend('off'); title('zone 1');
subplot(2,2,2);
pie([2 1 5 3]); legend('a','b','c','d');
title('zone 2');
subplot(2,2,3);
bar(rand(18,1)); title('zone 3');
subplot(2,2,4);
fplot('x*cos(x)',[-10*pi 10*pi]);
title('zone 4');
```



C) Graphiques multiples dans des fenêtres distinctes ("multiple windows")

Fonction et description
a) `figure` b) `figure(numero)` **a)** Ouvre une **nouvelle fenêtre** de graphique (figure), et en fait la fenêtre de tracé active (dans laquelle on peut ensuite faire du "single plot" ou du "multiple plots"). Ces fenêtres sont automatiquement numérotées 1, 2, 3... **b)** Si la fenêtre de *numero* spécifié existe, en fait la **fenêtre de tracé active**. Si elle n'existe pas, ouvre une nouvelle fenêtre de graphique portant ce *numero*.
`gcf` (***g**et **c**urrent **f**igure*) Retourne le *numero* de la fenêtre de graphique active (qui correspond, dans ce cas là, au *handle* de la figure)

6.1.6 Autres commandes de manipulation de fenêtres graphiques ("figures")

Fonction et description
`refresh` ou `refresh(numero)` **Raffraîchit** (redessine) le(s) graphique(s) dans la fenêtre de figure courante, respectivement la fenêtre de *numéro* spécifié
`clf` ou `clf(numero)` (***cl**ear **f**igure*) **Efface** le(s) graphique(s) dans la fenêtre de figure courante, respectivement la fenêtre de *numéro* spécifié Remet en outre `hold` à **off** s'il était à **on**, mais conserve la table de couleurs courante. `cla` (***cl**ear **a**xis*)

Dans le cas d'une fenêtre de graphique en mode "multiple plots", cette commande n'efface que le sous-graphique courant.

a) `close`
b) `close(numero)`
c) `close all`

a) Referme la fenêtre graphique active (figure courante)
b) Referme la fenêtre graphique de *numero* spécifié
c) Referme toutes les fenêtre graphique !
Met `hold` à **off** s'il n'y a plus de fenêtre graphique

`shg` (***sh**ow **g**raphic*)

Fait passer la fenêtre de figure MATLAB courante **au premier plan**.
Cette commande est sans effet avec Octave sous Windows.

6.1.7 Traits, symboles et couleurs de base par 'linespec'

Plusieurs types de graphiques présentés plus bas utilisent une syntaxe, initialement définie par MATLAB et maintenant aussi reprise par Octave 3, pour spécifier le **type**, la **couleur** et l'**épaisseur** ou **dimension** de **trait** et de **symbole**. Il s'agit du paramètre `linespec` qui est une combinaison des caractères définis dans le tableau ci-dessous (voir M `help linespec`).

Le symbole M indique que la spécification n'est valable que pour **MATLAB**, le symbole G indique qu'elle n'est valable que pour Octave/**Gnuplot**, le symbole F indique qu'elle n'est valable que pour Octave/**FLTK** ; sinon c'est valable pour les 3 grapheurs/backends !

Il est possible d'utiliser la fonction `[L,C,M,err]=colstyle('linespec')` pour tester un `linespec` et le décoder sur 3 variables séparées `L` (type de ligne), `C` (couleur) et `M` (marker). Si `linespec` est erroné, une erreur `err` est retournée.

Pour un rappel sur l'ancienne façon de spécifier les propriétés de lignes sous Octave 2.x, suivre **ce lien**.

Couleur ligne et/ou symbole

Caractère	Effet
`y`	jaune (yellow)
`m`	magenta
`c`	cyan
`r`	rouge (red)
`g`	vert clair (green)
`b`	bleu (blue)
`w`	blanc (white)
`k`	noir (black)

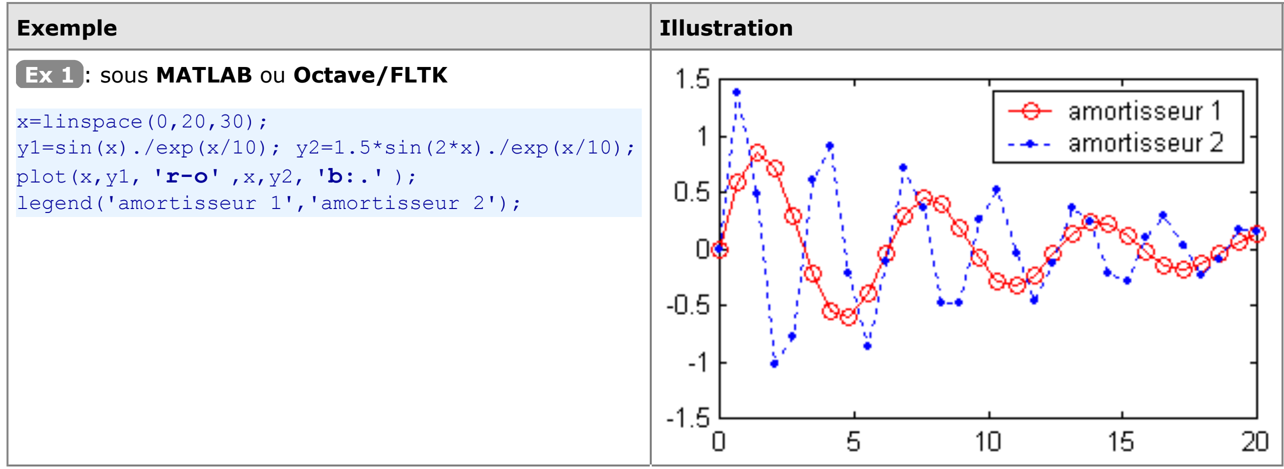
Type de ligne

Caractère	Effet
(rien)	affichage d'une ligne continue, sauf si un symbole est spécifié (auquel cas le symbole est affiché et pas la ligne)
`-`	ligne continue
M F `--`	ligne traitillée
M F `:`	ligne pointillée
M F `-.`	ligne trait-point

Symbole (marker)

Caractère	Effet
(rien)	pas de symbole
`o`	cercle
`*`	étoile de type astérisque
`+`	signe plus
`x`	croix oblique (signe fois)
`.` (point)	M F petit disque rempli G symbole point
M F `^` `<` `>` `v` G `<` `v` G `>` `^`	M F triangle (orienté selon symbole) G triangle pointé vers le bas vide/rempli G triangle pointé vers le haut vide/rempli
`s`	carré vide (square) (G rempli)
`d`	losange vide (diamond) (G rempli)
`p`	M F étoile à 5 branches (pentagram) G carré vide
`h`	M F étoile à 6 branches (hexagram) G losange vide

Ci-dessous, exemples d'utilisation de ces spécifications `linespec`.

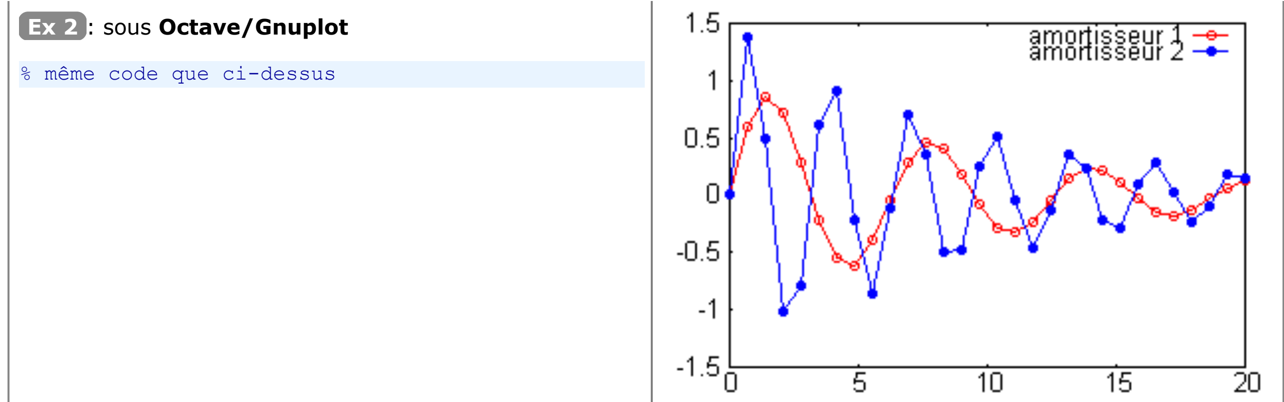


Exemple	Illustration

Ex 1: sous **MATLAB** ou **Octave/FLTK**
`x=linspace(0,20,30);`
`y1=sin(x)./exp(x/10); y2=1.5*sin(2*x)./exp(x/10);`
`plot(x,y1, 'r-o' ,x,y2, 'b:.' );`
`legend('amortisseur 1','amortisseur 2');`
	(graphique)

Ex 2 : sous **Octave/Gnuplot**

```
% même code que ci-dessus
```



On verra plus loin (chapitre 3D "Vraies couleurs, tables de couleurs et couleurs indexées") qu'il est possible d'utiliser beaucoup plus de couleurs en spécifiant des "**vraies couleurs**" sous forme de triplets RGB (valeurs d'intensités `[red green blue]` de 0.0 à 1.0), ou en travaillant en mode "**couleurs indexées**" via une "**table de couleurs**" (colormap). Les couleurs ainsi spécifiées peuvent être utilisées avec la propriété `'color'` de la commande `set` (voir chapitre qui suit), commande qui permet de définir également plus librement l'épaisseur et le type de **trait**, ainsi que le type de **symbole** et sa dimension.

Pour **définir de façon plus fine** les types de traits, symboles et couleurs, on utilisera la techique des "handles" décrite ci-après dans le chapitre "**Handle Graphics**".

6.1.9 Interaction souris avec une fenêtre graphique

Il est possible d'interagir entre MATLAB/Octave et un graphique à l'aide de la souris.

On a déjà vu plus haut la fonction `gtext('chaîne')` qui permet de **placer interactivement** (à l'aide de la souris) une **chaîne** de caractère dans un graphique.

`[x, y {,bouton}] = ginput(n)`
Attend que l'on clique *n* fois dans le graphique à l'aide de la souris, et retourne les vecteurs-colonne des **coordonnées** *x* et *y* des endroits où l'on a cliqué, et facultativement le numéro de *bouton* de la souris qui a été actionné (1 pour <gauche>, 2 pour <milieu>, 3 pour <droite>).
Si l'on omet le paramètre *n*, cette fonction attend jusqu'à ce que l'on frappe <enter> dans la figure.
Remarque: sous Octave, fonction implémentée dans le package "plot"
Sous Octave 3.4 à 3.6 avec FLTK, les boutons 2 et 3 ne semblent pas interprétés

6.2 Graphiques 2D

Sous **MATLAB**, la liste des fonctions relatives aux graphiques 2D est accessible via `help graph2d` et `help specgraph`. Concernant **Octave/Gnuplot**, on se réfèrera au chapitre "Plotting" du Manuel Octave (HTML ou PDF).

6.2.1 Dessin de graphiques 2D

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

a) `plot(x1, y1 {,linespec} {, x2, y2 {,linespec} ...} )`
`plot(x1, y1 {,'PropertyName',PropertyValue} ... )`
b) `plot(vect)`
c) `plot(mat)`
d) `plot(var1,var2 ...)`

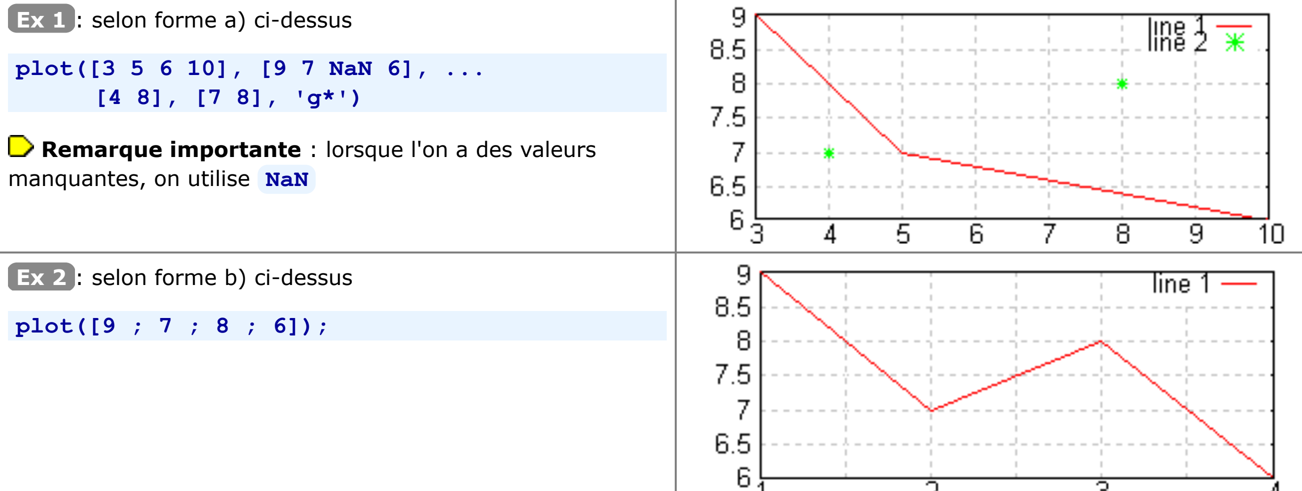
Graphique 2D de lignes et/ou semis de points sur axes linéaires :
a) Dans cette forme (la plus courante), *xi* et *yi* sont des **vecteurs** (ligne ou colonne), et le graphique comportera autant de courbes indépendantes que de paires *xi*/*yi*. Pour une paire donnée, les vecteurs *xi* et *yi* doivent avoir le même nombre d'éléments (qui peut cependant être différent du nombre d'éléments d'une autre paire). Il s'agit d'un 'vrai graphique X/Y' (graduation de l'axe X selon les valeurs fournie par l'utilisateur).

Avec la seconde forme, définition de propriétés du graphiques plus spécifiques (voir l'exemple parlant du chapitre précédent !)

b) Lorsqu'une seule variable *vect* (de type **vecteur**) est définie pour la courbe, les valeurs *vect* sont graphées en Y, et c'est l'indice de chaque valeur qui est utilisé en X (1, 2, 3 ... n). Ce n'est donc plus un 'vrai graphique X/Y' mais un graphique dont les points sont uniformément répartis selon X.
c) Lorsqu'une seule variable *mat* (de type **matrice**) est passée, chaque **colonne** de *mat* fera l'objet d'une courbe, et chacune des courbes s'appuiera en X sur les valeurs 1, 2, 3 ... n (ce ne sera donc pas non plus un 'vrai graphique X/Y')
d) Lorsque l'on passe des paires de valeurs de type **vecteur/matrice**, **matrice/vecteur** ou **matrice/matrice** :

- si *var1* est un vecteur (ligne ou colonne) et *var2* une matrice :
  - si le nombre d'éléments de *var1* correspond au nombre de colonnes de la matrice *var2*, chaque **ligne** de *var2* fera l'objet d'une courbe, et chaque courbe utilisera le vecteur *var1* en X
  - si le nombre d'éléments de *var1* correspond au nombre de lignes de la matrice, chaque **colonne** de *var2* fera l'objet d'une courbe, et chaque courbe utilisera le vecteur *var1* en X
  - sinon, erreur !
- nous ne décrivons pas les autres cas (*var1* est une matrice et *var2* un vecteur, ou tous deux sont une matrice) qui sont très rares

Voir en outre (plus bas dans ce support de cours) :
• pour des graphiques à 2 axes Y : fonction `plotyy`
• pour des graphiques avec axes logarithmiques : les fonctions `semilogx`, `semilogy` et `loglog`
• pour des graphiques en semis de point avec différenciation de symboles sur chaque point : fonction `scatter`
• pour tracer des courbes 2D/3D dans un fichier au format AutoCAD DXF : fonction `dxfwrite`



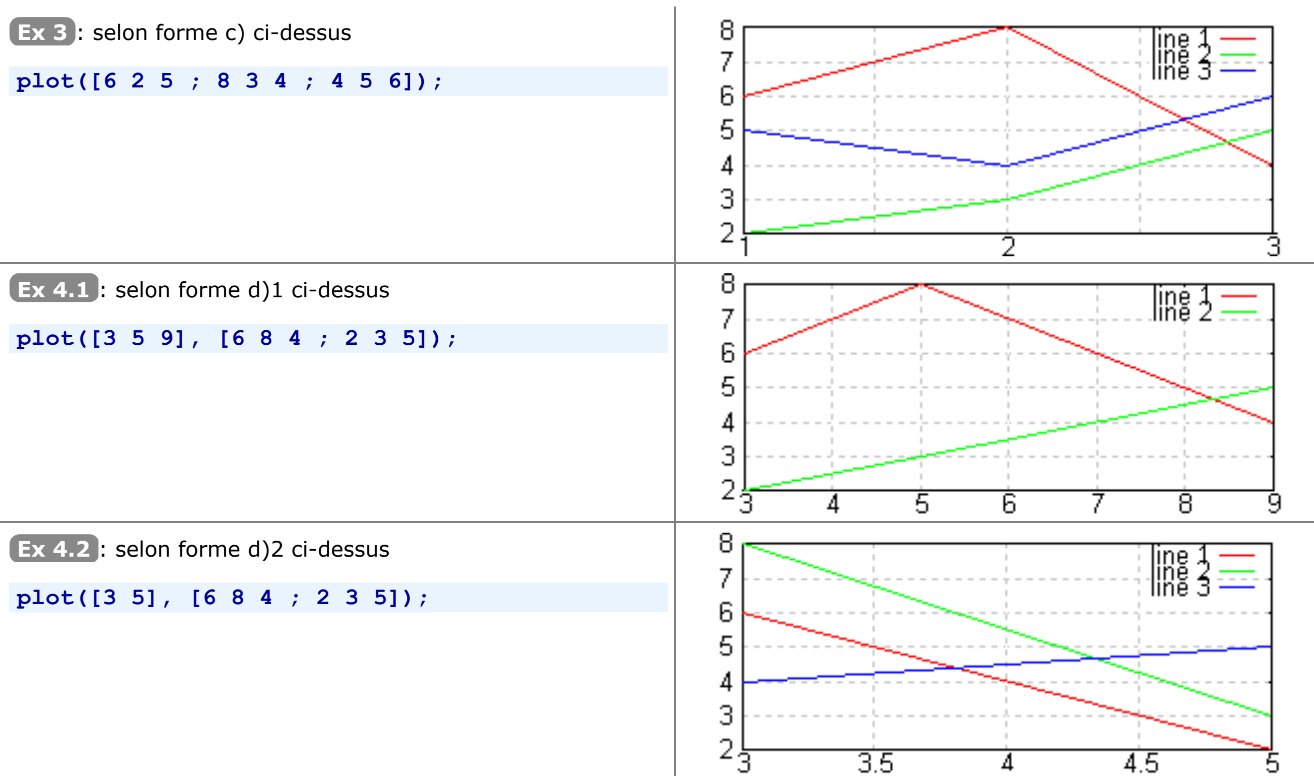
Ex 1 : selon forme a) ci-dessus

```
plot([3 5 6 10], [9 7 NaN 6], ...
      [4 8], [7 8], 'g*')
```

Remarque importante : lorsque l'on a des valeurs manquantes, on utilise `NaN`

Ex 2 : selon forme b) ci-dessus

```
plot([9 ; 7 ; 8 ; 6]);
```



Ex 3 : selon forme c) ci-dessus

```
plot([6 2 5 ; 8 3 4 ; 4 5 6]);
```

Ex 4.1 : selon forme d)1 ci-dessus

```
plot([3 5 9], [6 8 4 ; 2 3 5]);
```

Ex 4.2 : selon forme d)2 ci-dessus

```
plot([3 5], [6 8 4 ; 2 3 5]);
```

a) **fplot('*fonction*', [*xmin xmax*] {, *nb_points* } {, *linespec* })** *(function plot)*
b) **fplot('[*fonction1*, *fonction2*, *fonction3* ...]', [*xmin xmax*] ...)**

Graphique 2D de fonctions y=fct(x) :
a) Trace la *fonction* fct(x) spécifiée entre les limites *xmin* et *xmax*.
b) Trace simultanément les différentes *fonctions* spécifiées (remarquez bien la notation entre crochets)

Par rapport à **plot**, il n'y a dans ce cas pas besoin d'échantillonner les valeurs x et y de la fonction (i.e. définition d'un vecteur x puis du vecteur y=fct(x) ...), car **fplot** accepte en argument les 2 méthodes de définition de *fonction* suivantes :

- chaîne de caractère exprimant une **fonction de x** (voir **Ex 1**)
- nom d'une **fonction MATLAB/Octave** existante (voir **Ex 2.1**), ou nom d'une **fonction utilisateur** (définie sous forme de M-file, voir chapitre **fonctions**) (voir **Ex 2.2**)

Le paramètre optionnel *linespec* permet de spécifier un type particulier de lignes et/ou symboles.
O Sous **Octave**, la fonction est échantillonnée (de façon interne) par défaut sur 100 points, ou sur le nombre *nb_points* spécifiés
M Sous **MATLAB**, la fonction est échantillonnée (de façon interne) par défaut sur un nombre de points qui varie selon la fonction et l'intervalle ; l'usage de *nb_points*, en-dessous d'une certaine valeur, n'a pas d'effet.

Voir encore la fonction **ezplot** (*easy plot*) qui permet de dessiner une fonction 2D définie sous sa **forme paramétrique**. A titre d'exemple, voyez la fonction **ezplot3** plus bas.

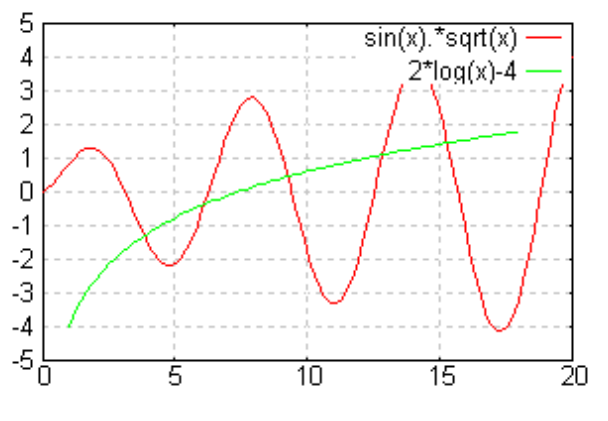
Ex 1 :

```
fplot('sin(x)*sqrt(x)', [0 20],'r');
hold('on');
fplot('2*log(x)-4',[1 18],'g');
grid('on');
```

ou

```
fplot('[sin(x)*sqrt(x),2*log(x)-4]', ...
     [0 20],'b');
grid('on');
ylim([-5 5])
```

Remarque : constatez, dans la 1ère solution, que l'on a superposé les graphiques des 2 fonctions dans des plages de valeurs en X qui sont différentes !



Ex 2.1:

Grapher des fonctions built-in MATLAB/Octave :

```
fplot('sin',[0 10],'r');
hold('on');
fplot('cos',[0 10],'g');
grid('on');
```

Ex 2.2:

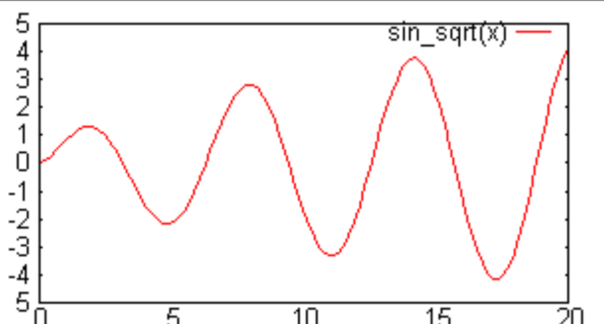
Définir une fonction utilisateur, puis la grapher :

1) Définition, dans un fichier nommé `sin_sqrt.m`, de la fonction suivante (voir chapitre **fonctions**) :

```
function [Y]=sin_sqrt(X)
  Y=sin(X).*sqrt(X);
return
```

Remarque: sous **Octave**, on pourrait aussi, au lieu de saisir le code de la fonction ci-dessus dans un M-file, l'entrer **interactivement** dans la fenêtre de commande Octave en terminant la saisie par `endfunction` (au lieu de `return`) ; ce qui donne lieu à une "compiled function".

2) Puis la grapher simplement avec :
`fplot('sin_sqrt(x)',[0 20],'r')`



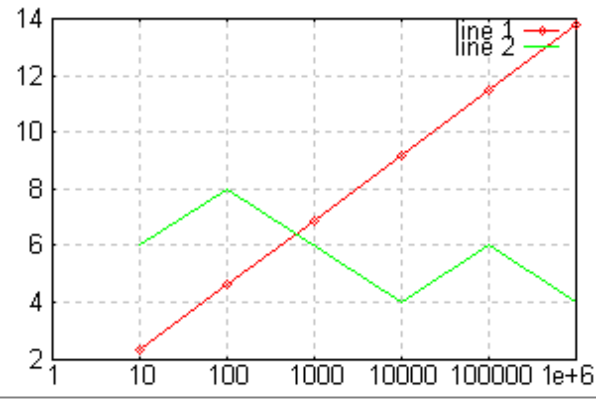
a) `semilogx(...)`
b) `semilogy(...)`
c) `loglog(...)`

Graphique 2D de lignes et/ou semis de points sur axes logarithmiques :
Ces 3 fonctions, qui s'utilisent exactement comme la fonction `plot` (mêmes paramètres...), permettent de grapher dans des systèmes d'axes logarithmiques :
a) axe X logarithmique, axe Y linéaire
b) axe X linéaire, axe Y logarithmique
c) axes X et Y logarithmiques

Voir aussi, plus bas, la fonction `plotyy` pour graphiques 2D à 2 axes Y qui peuvent être logarithmiques

Ex:

```
x1=logspace(1,6,6); y1=log(x1);
semilogx(x1,y1,'r-o', ...
        [10 100 1e4 1e5 1e6],[6 8 4 6 4],'g');
grid('on');
```



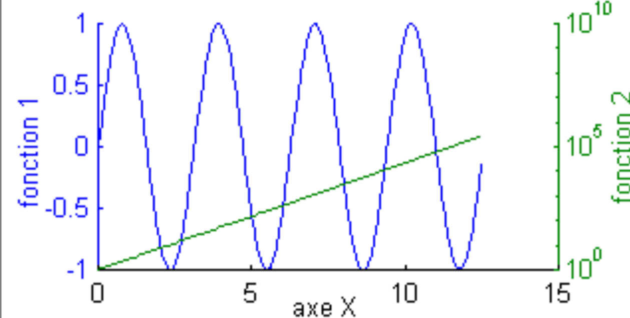
`plotyy(x1, y1, x2, y2 {,'type1' {,'type2'}} )`

Graphique avec 2 axes Y distincts :
Trace la courbe définie par les vecteurs *x1* et *y1* relativement à l'axe Y de gauche, et la courbe définie par les vecteurs *x2* et *y2* relativement à l'axe Y de droite.
Les paramètres optionnels *type1* et *type2* permettent de définir le type de primitive de tracé 2D utiliser. Ils peuvent notamment être : `plot`, `semilogx`, `semilogy`, `loglog`, `stem`...

Ex:

```
x=0:0.1:4*pi;
h= plotyy(x, sin(2*x), x, exp(x), ...
          'plot', 'semilogy');
xlabel('axe X');

hy1=get(h(1),'ylabel');
hy2=get(h(2),'ylabel');
set(hy1,'string','fonction 1');
set(hy2,'string','fonction 2');
```

Remarque : nous devons ici utiliser la technique des 'handles' (ici variables h, hy1 et hy2) pour étiqueter les 2 axes Y



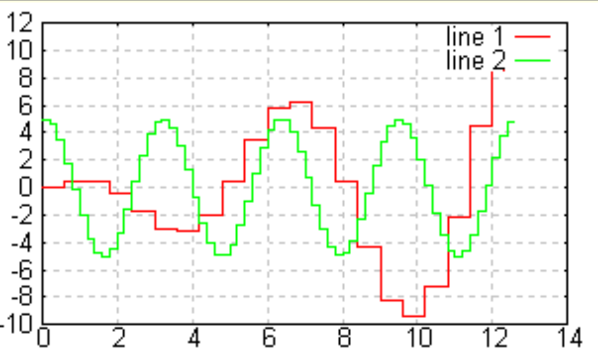
a) `stairs( {x,} y )`
b) `stairs( {x,} ymat {, linespec } )`

Graphique 2D en escaliers :
a) Dessine une ligne en escaliers pour la courbe définie par les vecteurs (ligne ou colonne) *x* et *y*. Si l'on ne fournit pas de vecteur *x*, la fonction utilise en X les indices de *y* (donc les valeurs 1 à length(*y*)).
b) Traçage de plusieurs courbes sur le même graphique en passant à cette fonction une matrice *ymat* dans laquelle chaque courbe fait l'objet d'une colonne. Sous Octave 3.4 à 3.6, on peut spécifier une couleur avec le paramètre *linespec*, mais pas un type de ligne.

Remarque : on peut aussi calculer le tracé de la courbe sans le dessiner avec l'affectation `[xs,ys]=stairs(...);` , puis le dessiner ultérieurement avec `plot(xs,ys,linespec);`

Ex:

```
x1=0:0.6:4*pi; y1=x1.*cos(x1);
stairs(x1,y1,'r');
hold('on');
x2=0:0.2:4*pi; y2=5*cos(2*x2);
stairs(x2,y2,'g');
grid('on');
```

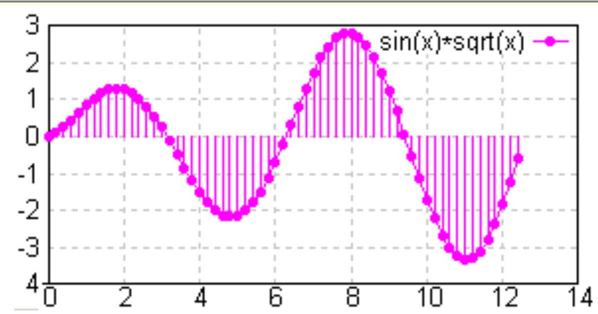


`stem( {x,} y {, linespec } )`

Graphique 2D en bâtonnets :
Graphe la courbe définie par les vecteurs (ligne ou colonne) *x* et *y* en affichant une ligne de rappel verticale (bâtonnet, pointe) sur tous les points de la courbe. Si l'on ne fournit pas de vecteur *x*, la fonction utilise en X les indices de *y* (donc les valeurs 1 à length(*y*)).

:

```
x=0:0.2:4*pi; y=sin(x).*sqrt(x);
stem(x,y,'mo-');
grid('on');
```

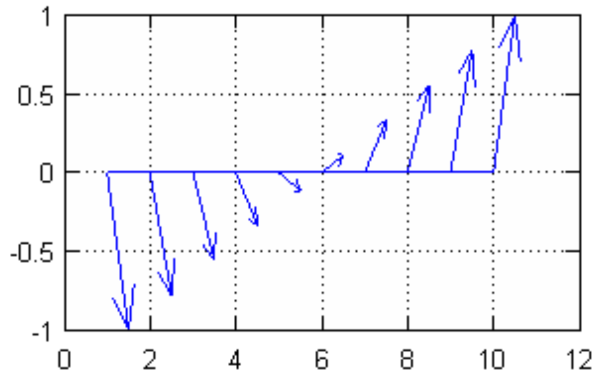


`feather( {dx,} dy)`

Graphique 2D de champ de vecteurs en "plumes" :
Dessine un champ de vecteurs dont les origines sont uniformément réparties sur l'axe X (en (1,0), (2,0), (3,0), ...) et dont les dimensions/orientations sont définies par les valeurs *dx* et *dy*

Ex:

```
dy=linspace(-1,1,10) ;
dx=0.5*ones(1,length(dy)) ;
   % vecteur ne contenant que des val. 0.5
feather(dx,dy)
grid('on')
axis([0 12 -1 1])
```

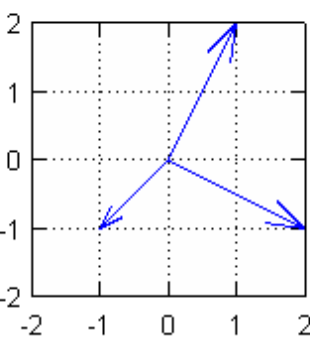


`compass( {dx,} dy)`

Graphique 2D de champ de vecteurs de type "boussole" :
Dessine un champ de vecteurs dont les origines sont toutes en (0,0) et dont les dimensions/orientations sont définies par les valeurs *dx* et *dy*

Ex:

```
compass([1 2 -1],[2 -1 -1])
axis([-2 2 -2 2])
grid('on')
```



a) `errorbar(x, y, error {,format} )`
b) `errorbar(x, y, lower, upper {,format} )`

Graphique 2D avec barres d'erreur :
a) Graphe la courbe définie par les vecteurs de coordonnées *x* et *y* (de type ligne ou colonne, mais qui doivent avoir le même nombre d'éléments) et ajoute, à cheval sur cette courbe et en chaque point de celle-ci, des barres d'erreur verticales symétriques dont la longueur totale sera le double de la valeur absolue des valeurs définies par le vecteur *error* (qui doit avoir le même nombre d'éléments que *x* et *y*).
b) Dans ce cas, les barres d'erreur seront **asymétriques**, allant de :

- M *y*-abs(*lower*) à *y*+abs(*upper*)
- O *y-lower* à *y+upper* (donc Octave utilise le signe des valeurs contenus dans ces vecteurs !)

Attention : le paramètre *format* a une signification différente selon que l'on utilise MATLAB ou Octave :

- M il correspond simplement au paramètre `linespec` (spécification de couleur, type de trait, symbole...) comme dans la fonction `plot`
- O la fonction `errorbar` de Octave offre davantage de possibilités que celle de MATLAB : ce paramètre *format* **doit commencer** par l'un des codes ci-dessous définissant le type de barre(s) ou box d'erreur à dessiner :
  - `~` : barres d'erreur verticales (comme sous MATLAB)
  - `>` : barres d'erreur **horizontales**
  - `~>` : barres d'erreur en X et en Y (il faut alors fournir **4 paramètres** `lowerX, upperX, lowerY, upperY` !)
  - `#~>` : dessine des "**boxes**" d'erreur

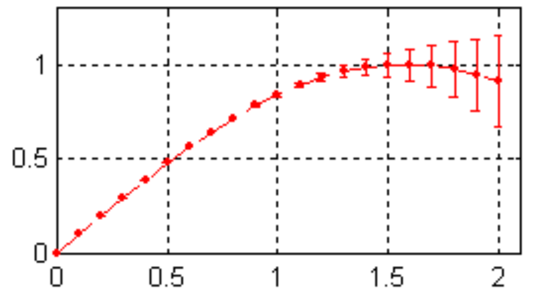
  puis se poursuit par le `linespec` habituel, le tout entre apostrophes

Voir en outre les fonctions suivantes, spécifiques à Octave : O `semilogxerr` , O `semilogyerr` , O `loglogerr`

Ex 1:

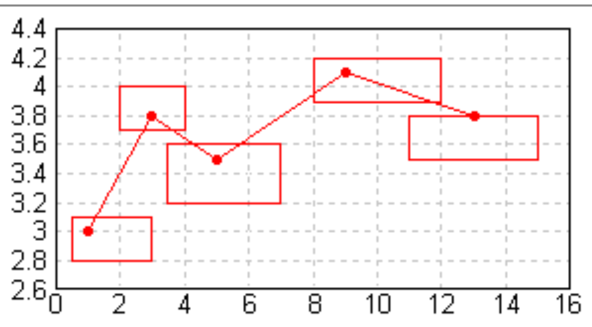
```
x=0:0.1:2; y=sin(x);
y_approx = x - (x.^3/6); % approximation fct sinus
error = y_approx - y;
 errorbar(x,y,error,'r--o');
grid('on');
```

Remarque : on illustre ci-dessus la différence entre la fonction sinus et son approximation par un polynôme



Ex 2: (graphique ci-contre réalisé avec Octave)

```
x=[1 3 5 9 13];
y=[3 3.8 3.5 4.1 3.8];
lowerX=[0.5 1 1.5 1 2];
upperX=[2 1 2 3 2];
lowerY=[0.2 0.1 0.3 0.2 0.3];
upperY=[0.1 0.2 0.1 0.1 0];

 errorbar(x,y, ...
    lowerX,upperX,lowerY,upperY,'#~>r');
hold('on');
plot(x,y,'r-o');
legend('off');
grid('on');
```



`scatter(x, y {,size {,color } } {,symbol} {,'filled'} )`

Graphique 2D de symboles :

Dessin du semis de points défini par les vecteurs de coordonnées *x* et *y* (de type ligne ou colonne, mais qui doivent avoir le même nombre d'éléments)

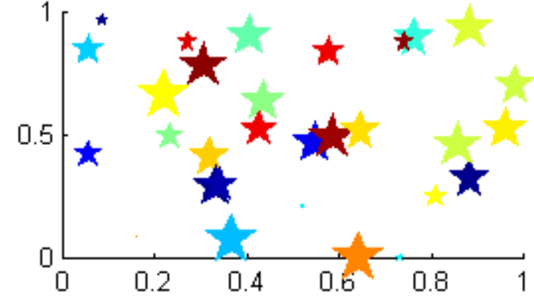
- *size* permet de spécifier la **surface** des symboles : ce peut être soit une valeur scalaire (=> tous les symboles auront la surface spécifiée), soit un vecteur de même dimension que *x* et *y* (=> indique alors taille de chaque symbole) ; concernant l'unité de ce paramètre :
  M surface du "carré englobant" du symbole en [pixels^2] : ex: 100 => symbole de surface 100 pixels^2 donc de coté 10 x 10 [pixels]
  O largeur et hauteur du "carré englobant" du symbole en [pixels]
- *color* permet de spécifier la couleur des symboles : ce peut être :
  • soit **une** couleur, appliquée uniformément à tous les symboles, exprimée sous forme de chaîne selon la syntaxe décrite plus haut (p.ex. `'r'` pour rouge)
  • soit un vecteur (de la même taille que *x* et *y*) qui s'appliquera linéairement à la colormap
  • ou une matrice n x 3 de couleurs exprimées en composantes RGB
- *symbol* permet de spécifier le type de symbole (par défaut: cercle) selon les possibilités décrites plus haut, c'est-à-dire `'o'`, `'*'`, `'+'`, `'x'`, `'^'`, `'<'`, `'>'`, `'v'`, `'s'`, `'d'`, `'p'`, `'h'`
- le paramètre-chaîne `'filled'` provoquera le remplissage des symboles

Remarque : en jouant avec l'attribut *color* et en choisissant une table de couleur appropriée, cette fonction permet de grapher des données 3D x/y/color

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave/FLTK)

```
if ~ exist('OCTAVE_VERSION')
   facteur=50*50 ; % MATLAB
else
   facteur=50 ;    % Octave
end

scatter(rand(30,1),rand(30,1), ...
        facteur*rand(30,1),rand(30,1),'p','filled');
```

Remarque : nous graphons donc ici 30 paires de nombres x/y aléatoires compris entre 0 et 1 ; de même, nous définissons la couleur et la taille des symboles de façon aléatoire



`area( {x,} ymat )`

Graphique 2D de type surface :

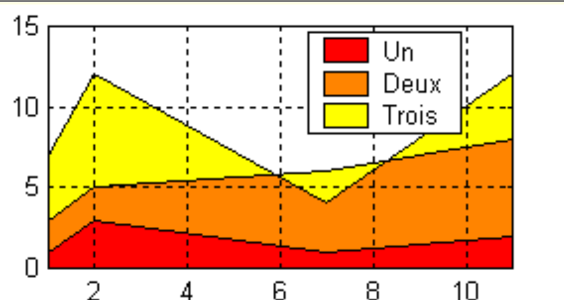
Graphe de façon empilée (cumulée) les différentes courbes définies par les colonnes de la matrice *ymat*, et colorie les surfaces entre ces courbes. Le nombre d'éléments du vecteur *x* (ligne ou colonne) doit être identique au nombre de lignes de *ymat*. Si l'on ne spécifie pas *x*, les valeurs sont graphées en X selon les indices de ligne de

ymat.
Remarque : si on ne veut pas "empiler" les surfaces, on utilisera plutôt la fonction `fill`

sous Octave/FLTK 3.4 à 3.6, l'usage de la fonction `colormap` est sans effet

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
x=[1 2 7 11];
ymat=[1 2 4 ; 3 2 7 ; 1 5 -2 ; 2 6 4];
area(x,ymat);
colormap(autumn); % changement palette couleurs
grid('on');
set(gca,'Layer','top'); % quadrillage 1er plan
legend('Un','Deux','Trois')
```



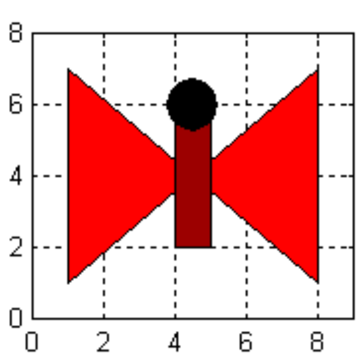
a) `fill(x, y, couleur)`
b) `fill(xA, yA, couleurA {, xB, yB, couleurB ... } )`
c) `patch(x, y, couleur)`

Dessin 2D de surface(s) remplie(s) :
a) Dessine et rempli de la *couleur* spécifiée le polygone défini par les vecteurs de coordonnées *x* et *y*. Le polygone bouclera automatiquement sur le premier point, donc il n'y a pas besoin de définir un dernier couple de coordonnées xn/yn identique à x1/y1.
b) Il est possible de dessiner plusieurs polygones (A, B...) d'un coup en une seule instruction en passant en paramètre à cette fonction plusieurs triplets *x*,*y*,*couleur*.
c) Primitive de bas niveau de tracé de surfaces remplies, cette fonction est analogue à `fill` sauf qu'elle accumule (tout comme la primitive de dessin de ligne `line`) son tracé dans la figure courante sans qu'il soit nécessaire de faire au préalable un `hold('on')`

On spécifie la `couleur` par l'un des codes de couleur définis plus haut (p.ex. pour rouge: `'r'` ou `[1.0 0 0]`)

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

```
a=linspace(0,2*pi,20);
  x= 4.5 + 0.7*cos(a); % contour disque noir de
  y= 6.0 + 0.7*sin(a); % rayon 0.7, centre 4.5/6.0
 fill([1 8 8 1],[1 7 1 7],'r', ...
      [4 5 5 4],[2 2 6 6],[0.6 0 0], ...
      x,y,'k');
axis('equal');
axis([0 9 0 8]);
grid('on');
```

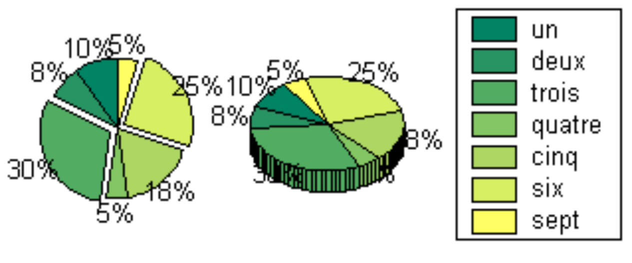


a) `pie(val {,explode} {,labels} )`
b) `pie3(val {,explode} {,labels} )`

Graphique de type camembert :
a) Dessine un camembert 2D sur la base du vecteur `val` , chaque valeur se rapportant à une tranche de gâteau. Le vecteur logique `explode` (de même taille que *val* et composé de 0 ou de 1) permet de spécifier (avec 1) quelles tranches de gâteau doivent être "détachées"
Le vecteur cellulaire `labels` (de même taille que *val* et composé de chaînes de caractères) permet de spécifier le texte à afficher à coté de chaque tranche en lieu et place des pourcentages
b) Réalise un camembert en épaisseur (3D)

Ex: (graphiques ci-contre réalisés avec MATLAB ou Octave)

```
val=[20 15 60 10 35 50 10];

subplot(1,2,1);
 pie(val, [0 0 1 0 0 1 0]);
colormap(summer);  % changement palette couleur

subplot(1,2,2);
 pie3(val);
legend('un','deux','trois','quatre', ...
```



```
'cinq','six','sept', ...
'location','east');
```

a) `bar( {x,} y )`
b) `bar( {x,} mat {,larg} {,'style'} )`
c) `barh( {y,} mat {,larg} {,'style'} )`

Graphique 2D en barres :

a) Dessine les barres verticales définies par les vecteurs *x* (position de la barre sur l'axe horizontal) et *y* (hauteur de la barre). Si le vecteur *x* n'est pas fourni, les barres sont uniformément réparties en X selon les indices du vecteur *y* (donc positionnées de 1 à n).

b) Sous cette forme, on peut fournir une matrice *mat* dans laquelle chaque ligne définira un groupe de barres qui seront dessinées :

- côte-à-côte si le paramètre *style* n'est pas spécifié ou que sa valeur est `'grouped'`
- de façon empilée si la valeur de ce paramètre est `'stacked'`

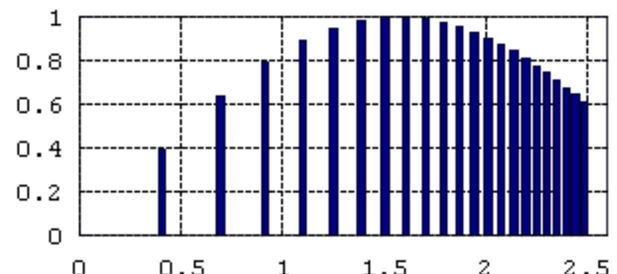
Avec le paramètre *larg*, on spécifie le rapport "largeur des barres / distance entre barres" dans le cadre du groupe ; la valeur par défaut est 0.8 ; si celle-ci dépasse 1, les barres se chevaucheront. Le nombre d'éléments du vecteur *x* doit être égal au nombre de lignes de la matrice *mat*.

c) Identique à la forme b), sauf que les barres sont dessinées horizontalement et positionnées sur l'axe vertical selon les valeurs du vecteur *y*

Remarque : on peut aussi calculer les tracés sans les dessiner avec l'affectation `[xb,yb]=bar(...);` , puis les dessiner ultérieurement avec `plot(xb,yb,linespec);`

Ex 1:

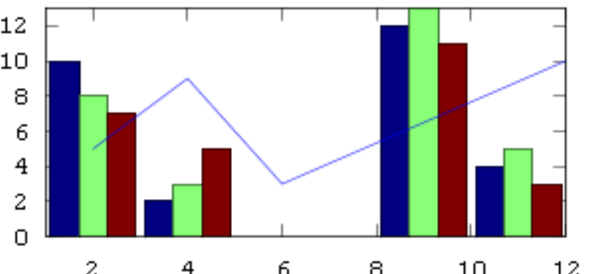
```
x=log(1:0.5:12);
y=sin(x);
bar(x,y);
axis([0 2.6 0 1]);
grid('on');
```



Ex 2:

Premier graphique ci-contre :

```
x=[2 4 9 11];
mat=[10 8 7 ; 2 3 5 ; 12 13 11 ; 4 5 3];
bar(x,mat,0.9,'grouped');
hold('on');
plot([2 4 6 12],[5 9 3 10]);
```

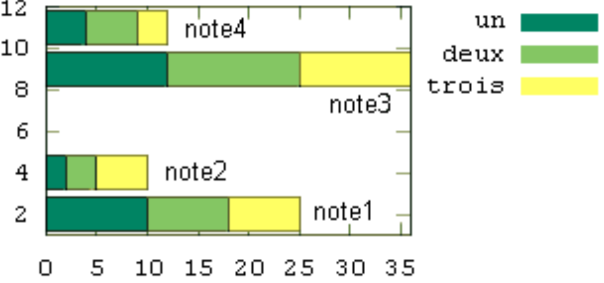


Second graphique ci-contre :

```
barh(x,mat,0.8,'stacked');
legend('un','deux','trois',-1)
colormap(summer)
```

On a ensuite **annoté** le second graphique, en placement interactivement des chaînes de texte définies dans un tableau avec le code ci-dessous :

```
annot={'note1','note2','note3','note4'};
for n=1:length(annot)
  gtext(annot{n});
end
```



a) [*nval* {*xout*}] = `hist(y {,n} )`
b) [*nval* {*xout*}] = `hist(y, x )`

Histogramme 2D de distribution de valeurs, ou calcul de cette distribution :

a) Détermine la **répartition** des valeurs contenues dans le vecteur *y* (ligne ou colonne) selon *n* catégories (par défaut 10) de même 'largeur' (catégories appelées boîtes, bins, ou containers), puis dessine cette répartition sous forme de graphique 2D en barres où l'axe X reflète la plage des valeurs de *y*, et l'axe Y le nombre d'éléments de *y* dans chacune des catégories.

IMPORTANT: Si l'on affecte cette fonction à `[nval {xout}]` , le graphique n'est **pas** effectué, mais la fonction retourne le vecteur-ligne *nval* contenant nombre de valeurs trouvées dans chaque boîte, et le vecteur-ligne *xout* contenant les valeurs médianes de chaque boîtes. On pourrait ensuite effectuer le graphique à l'aide de ces valeurs tout simplement avec la fonction `bar(xout,nval)` .

b) Dans ce cas, le vecteur *x* spécifie les valeurs du 'centre' des boîtes (qui n'auront ainsi plus nécessairement la même largeur !) dans lesquelles les valeurs de *y* seront distribuées, et l'on aura autant de boîtes qu'il y a d'éléments dans le vecteur *x*.

Voir aussi la fonction `[nval {vindex}]=histc(y,limits)` (qui ne dessine pas) permettant de déterminer la distribution des valeurs de *y* dans des catégories dont les 'bordures' (et non pas le centre) sont précisément définies par le vecteur *limits*.

M **Remarque** : sous MATLAB, *y* peut aussi être une **matrice** de valeurs ! Si cette matrice comporte k colonnes, la fonction `hist` effectue k fois le travail en examinant les valeurs de la matrice *y* colonne après colonne. Le graphique contiendra alors *n* groupes de *k* barres. De même, la variable *nval* retournée sera alors une matrice de *n* lignes et k colonnes, mais *xout* restera un vecteur de *n* valeurs (mais, dans ce cas, en colonne).
O **Remarque** : il existe sous Octave une variante de cette fonction nommée `hist2d` (dans le package "plot")

Voir (plus bas) la fonction `rose` qui réalise aussi des histogrammes de distribution mais dans un système de coordonnées polaire.

Ex :

```
y=[4 8 5 2 6 8 0 6 13 14 10 7 4 3 12 13 6 3 5 1];
```

1) Si l'on ne spécifie pas n => n=10 catégories, et comme les valeur *y* vont de 0 à 14, les catégories auront une largeur de (14-0)/10 = 1.4, et leurs 'centres' *xout* seront respectivement : 0.7, 2.1, 3.5, 4.9, etc... jusqu'à 13.3

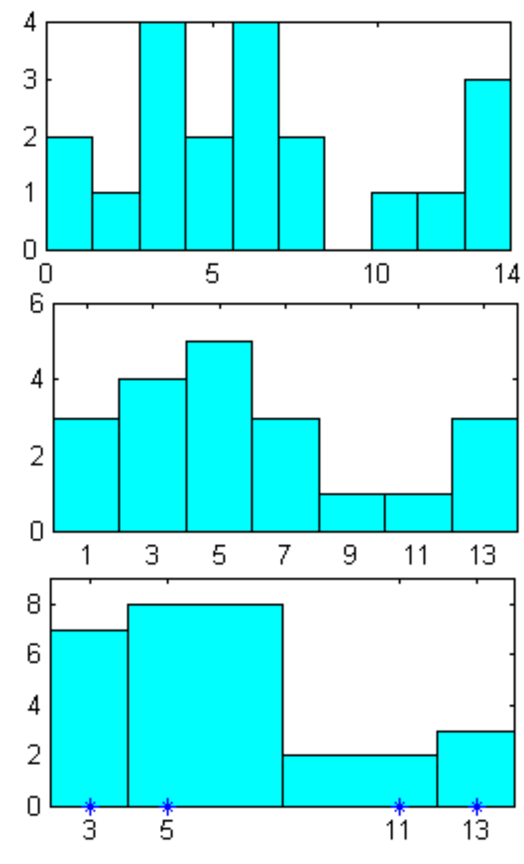
```
[nval xout]=hist(y)
% => nval=[2 1 4 2 4 2 0 1 1 3]
%    xout=[0.7 2.1 3.5 4.9 6.3 7.7 9.1
%          10.5 11.9 13.3]
hist(y);   % => 1er graphique ci-contre
set(gca,'XTick',xout) % annote axe X sous barres
```

2) Spécifions n=7 catégories => elles auront une largeur de (14-0)/7 = 2, et leurs 'centres' *xout* seront respectivement : 1, 3, 5, 7, 9, 11 et 13

```
[nval xout]=hist(y,7)
% => nval=[3 4 5 3 1 1 3]
%    xout=[1 3 5 7 9 11 13]
hist(y,7);   % => 2e graphique ci-contre
set(gca,'XTick',xout) % annote axe X sous barres
```

3) Spécifions un vecteur centres=[3 5 11 13] définissant les centres de 4 boîtes

```
[nval xout]=hist(y,centres)
% => nval=[7 8 2 3]
%    xout=[3 5 11 13] % identique à centres
hist(y,centres)  % => 3e graphique ci-contre
axis([2 14 0 9]);
set(gca,'XTick',centres) % annote axe X sous barres
```



a) `plotmatrix(m1, m2 {,linespec})`
b) `plotmatrix(m {,linespec})`

Matrice de graphiques en semis de points :
a) En comparant les **colonnes** de la matrice *m1* (de dimension P lignes x M colonnes) avec celles de *m2* (de dimension P lignes x N colonnes), affiche une matrice de N (verticalement) x M (horizontalement) graphiques en semis de points
b) Cette forme est équivalente à `plotmatrix(m, m {,linespec})`, c'est à dire que l'on effectue toutes les comparaisons possibles, deux à deux, des colonnes de la matrice *m* et qu'on affiche une matrice de comportant autant de lignes et colonnes qu'il y a a de colonnes dans *m*. En outre dans ce cas les graphiques se trouvant sur la diagonale (qui représenteraient des semis de points pas très intéressants, car distribués selon une ligne diagonale) sont remplacés par des graphiques en histogrammes 2D (fréquence de distribution) correspondant à la fonction `hist(m(:,i))`

O Sous Octave 3.2 à 3.6, cette fonction est buguée si N est différent de M (exemple 1 ci-dessous)

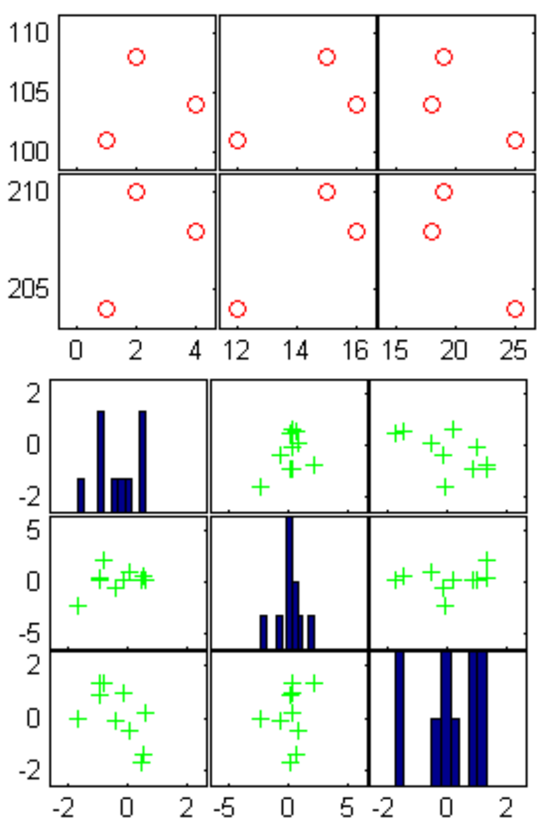
Ex :

1) La fonction ci-dessous produit le premier graphique ci-contre

```
plotmatrix([1 12 25; 2 15 19; 4 16 18], ...
           [101 204; 108 210; 104 208], 'ro')
```

2) La fonction ci-dessous produit le second graphique ci-contre

```
plotmatrix( randn(10,3), 'g+')
```



`line(x, y {,z} {,'property', value } )`

Primitive de tracé de lignes 2D/3D :
Cette fonction est une primitive de tracé de **lignes** 2D/3D de bas niveau proche de `plot` et `plot3`. Elle s'en distingue cependant par le fait qu'elle permet d'accumuler, dans un graphique, des tracés sans qu'il soit nécessaire de mettre `hold` à `on` !

Remarque : la primitive de tracé de **surfaces remplies** de bas niveau est `patch`

Ex :

```
hold('off'); clf;
for k=0:32
  angle=k*2*pi/32;
  x=cos(angle); y=sin(angle);
  if mod(k,2)==0
    coul='red'; epais=2;
  else
    coul='yellow'; epais=4;
  end
  line([0 x], [0 y], ...
       'Color', coul, 'LineWidth', epais);
end
axis('off'); axis('square');
```

`polar(angle, rayon {,linespec} )`

Graphique 2D de lignes et/ou semis de points en coordonnées polaires :
Reçoit en paramètre les coordonnées polaires d'une courbe (ou d'un semis de points) sous forme de 2 vecteurs *angle* (en radian) et *rayon* (vecteurs ligne ou colonne, mais de même taille), dessine cette courbe sur une grille polaire.
On peut tracer plusieurs courbes en utilisant `hold('on')`, ou en passant à cette fonction des matrices *angle* et *rayon* (qui doivent être de même dimension), la i-ème courbe étant construite sur la base des valeurs de la i-ème colonne de *angle* et de *rayon*.

Sour Octave 3.0 à 3.6, il n'est pas possible d'afficher le quadrillage polaire ; on effacera en outre le cadre avec `axis('off')`

Voir aussi la fonction `ezpolar` qui permet de tracer, dans un système polaire, une fonction définie par une expression.
Voir en outre les fonctions `cart2pol` et `pol2cart` de conversion de coordonnées carthésiennes en coordonnées polaires et vice-versa.

Ex 1 : (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
angle1=0:0.02:2*pi;
rayon1=sin(2*angle1).*cos(2*angle1);
 polar(angle1, rayon1, 'b');

angle2=0:pi/8:2*pi;
rayon2=[repmat([0.1 0.3],1,8), 0.1];
hold('on');
 polar(angle2, rayon2, 'r');

legend('courbe 1','courbe 2');
```

Ex 2 : (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
angle=0:0.02:2*pi;
 polar([angle' angle'], ...
       [sin(angle') cos(angle')],'.');
legend('sinus','cosinus');
```

`rose(val {,n} )`

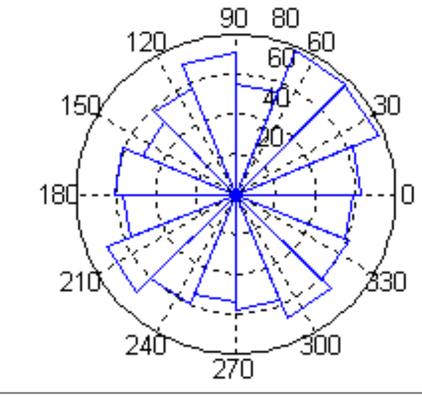
Histogramme polaire de distribution de valeurs (ou histogramme angulaire) :
Cette fonction est analogue à la fonction `hist` vue plus haut, sauf qu'elle travaille dans un système polaire angle/rayon. Les valeurs définies dans le vecteur *val*, qui doivent ici être **comprises entre 0 et 2*pi**, sont réparties dans *n* catégories (par défaut 20 si *n* n'est pas spécifié) et dessinées sous forme de tranche de gâteau dans un diagramme polaire où l'angle désigne la plage des valeurs, et le rayon indique le nombre de valeurs se trouvant dans chaque catégorie.

Sour Octave 3.0 à 3.6, il n'est pas possible d'afficher le quadrillage polaire; on effacera en outre le cadre avec `axis('off')`

Ex : (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
rose(2*pi*rand(1,1000),16);
```

Explications : on établit ici un vecteur de 1000 nombres aléatoires compris entre 0 et 2*pi, puis on calcule et dessine leur répartition en 16 catégories (1ère catégorie pour les valeurs allant de 0 à 2*pi/16, etc...).



Autres fonctions graphiques 2D non décrites dans ce support de cours :

- `rectangle` : dessin de rectangles 2D (avec angles arrondis)

6.3 Graphiques 2D½ et 3D

MATLAB/Octave offre un grand nombre de **fonctions de visualisation** permettant de représenter des **données 3D** sous forme de **graphiques 2D½** (vue plane avec représentation de la 3e dimension sous forme de courbes de niveau, champ de vecteurs, dégradés de couleurs...) ou de **graphiques 3D**. Ces données 3D peuvent être des points/**symboles**, des vecteurs, des **lignes**, des **surfaces** (par exemple fonction **z = fct(x,y)**) et des **tranches** de volumes (pour données 4D).

S'agissant des représentations 3D et comme dans tout logiciel de CAO/modélisation 3D, différents types de **"rendu" des surfaces** sont possibles : "fil de fer" (mesh, wireframe), coloriées, ombrées (shaded surface). L'écran d'affichage ou la feuille de papier étant 2D, la **vue** finale d'un graphique 3D est obtenue par projection 3D->2D au travers d'une "**caméra**" dont l'utilisateur définit l'**orientation** et la **focale**, ce qui donne un effet de perspective.

Sous **MATLAB**, la liste des fonctions relatives aux graphiques 3D est accessible via `help graph3d` ainsi que `help specgraph`. Concernant **Octave/Gnuplot**, on se référera au chapitre "Plotting" du Manuel Octave (HTML ou PDF), et à l'aide en-ligne pour les fonctions additionnelles apportées par Octave-Forge.

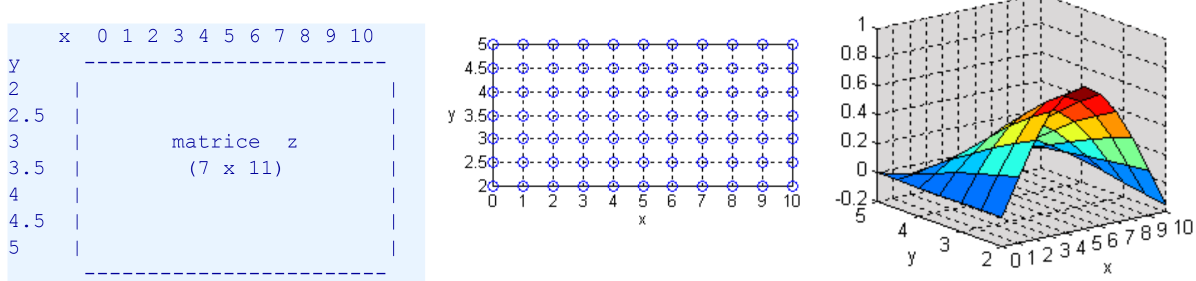
6.3.1 Fonctions auxiliaires de préparation/manipulation de données 3D

La fonction "meshgrid" de préparation de grilles de valeurs Xm et Ym

Pour démontrer l'utilité et le fonctionnement de la fonction `meshgrid`, prenons un exemple concret.

Donnée du problème :

Détermination et visualisation, par un graphique 3D, de la surface **z = fct(x,y) = sin(x/3)*cos(y/3)** en "échantillonnant" cette fonction selon une grille X/Y de dimension de **maille** 1 en X et 0.5 en Y, dans les plages de valeurs **0 ≤** `x` **≤ 10** (=> 11 valeurs) et **2 ≤** `y` **≤ 5** (=> 7 valeurs). Pour représenter graphiquement cette surface, il s'agit au préalable de calculer une matrice `z` dont les éléments sont les "altitudes" `z` correspondant aux points de la grille définie par les vecteurs `x` et `y`. Cette matrice aura donc (dans le cas du présent exemple) la dimension **7 x 11** (respectivement `length(y)` lignes, et `length(x)` colonnes).



Solution 1 : méthode classique ne faisant pas intervenir les capacités de vectorisation de MATLAB/Octave :

Cette solution s'appuie sur 2 boucles `for` imbriquées permettant de parcourir tous les points de la grille afin de calculer individuellement chacun des éléments de la matrice `z`. C'est la technique classique utilisée dans les langages de programmation "non vectorisés", et son implémentation MATLAB/Octave correspond au code suivant :

```
x=0:1:10;  y=2:0.5:5;  % domaine des valeurs de la grille en X et Y

for k=1:length(x)       % parcours de la grille, colonne après colonne
  for l=1:length(y)     % parcours de la grille, ligne après ligne
     z1(l,k)= sin(x(k)/3)*cos(y(l)/3);  % calcul de z, élément par élément
  end
end

surf(x,y,z1);           % visualisation de la surface
```

Solution 2 : solution MATLAB/Octave vectorisée faisant intervenir la fonction `meshgrid` :

```
x=0:1:10;  y=2:0.5:5;      % domaine des valeurs de la grille en X et Y

 [Xm,Ym]=meshgrid(x,y);
 z2=sin(Xm/3).*cos(Ym/3);  % calcul de z en une seule instruction vectorisée
     % notez bien que l'on fait produit .* (élém. par élém.) et non pas * (vectoriel)
surf(x,y,z2);              % visualisation de la surface
```

Remarque: dans le cas tout à fait particulier de cette fonction, on aurait aussi pu faire tout simplement `z=cos(y'/3)*sin(x/3)` *(en transposant* `y` *et en utilisant le produit vectoriel). Nous vous laissons étudier*

pourquoi ça fonctionne.

Explications relatives au code ci-dessus :

- sur la base des 2 vecteurs `x` et `y` (en ligne ou en colonne, peu importe!) décrivant le domaine des valeurs de la grille en X et Y, la fonction `meshgrid` génère 2 matrices `Xm` et `Ym` (voir **figure** ci-dessous) qui ont les propriétés suivantes :
  - `Xm` est constituée par recopie, en `length(y)` lignes, du vecteur `x`
  - `Ym` est constituée par recopie, en `length(x)` colonnes, du vecteur `y`
  - elles ont donc toutes deux pour dimension `length(y)` lignes * `length(x)` colonnes (comme la matrice `z` que l'on s'apprête à déterminer)
- on peut par conséquent calculer la matrice z=fct(x,y) par une seule instruction MATLAB/Octave vectorisée (donc sans boucle `for`) en utilisant les 2 matrices `Xm` et `Ym` et faisant usage des opérateurs "terme à terme" tels que `+`, `-`, `.*`, `./`... ; en effet, l'élément `z(`*`ligne,colonne`*`)` peut être exprimé en fonction de `Xm(`*`ligne,colonne`*`)` (qui est identique à `x(`*`colonne`*`)`) et de `Ym(`*`ligne,colonne`*`)` (qui est identique à `y(`*`ligne`*`)`)
- vous pouvez vérifier vous-même que les 2 solutions ci-dessus donnent le même résultat avec `isequal(z1,z2)` (qui retournera 1, indiquant que les matrices `z1` et `z2` sont rigoureusement identiques)
- pour grapher la surface avec les fonctions `mesh`, `meshc`, `surf`, `surfc`, `surfl`...
  - si l'on passe à ces fonctions le seul argument `z` (matrice d'altitudes), les axes du graphiques ne seront **pas** gradués en fonction des valeurs en X et Y, mais selon les indices des éléments de la matrice, c'est-à-dire de 1 à length(x) en X, et de 0 à length(y) en Y
  - pour avoir une **graduation correcte des axes X et Y** (i.e. selon les valeurs en X et Y), il est absolument nécessaire de passer à ces fonctions 3 arguments, à choix : `(x, y, z)` (vecteur, vecteur, matrice), ou `(Xm, Ym, z)` (matrice, matrice, matrice)

```
 x = 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10   (11 él.)   y = 2  2.5  3  3.5  4  4.5  5   (7 élém.)

    -------------(7x11)---------------              ------------------------(7x11)------------------------
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 2    2    2    2    2    2    2    2    2    2    2
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.5  2.!
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 3    3    3    3    3    3    3    3    3    3    3
Xm=| 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |          Ym=| 3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.5  3.!
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 4    4    4    4    4    4    4    4    4    4    4
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.5  4.!
   | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 |             | 5    5    5    5    5    5    5    5    5    5    5
    ----------------------------------              ------------------------------------------------------
```

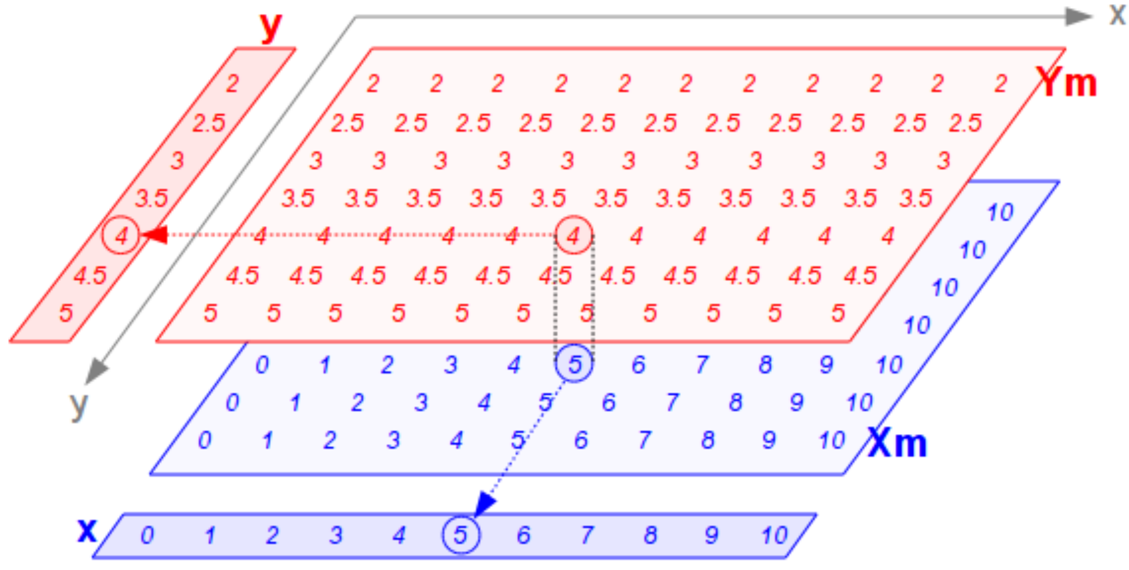


Illustration du fait que :
Xm (*quelle que soit la ligne* , *colonne*) est identique à **x** (*colonne*)
Ym (*ligne*, *quelle que soit la colonne*) est identique à **y** (*ligne*)

Description générale de la fonction `meshgrid` :

a) `[`*`Xm,Ym`*`] = meshgrid(`*`x`*` {,`*`y`*`} )`
b) `[`*`Xm,Ym,Zm`*`] = meshgrid(`*`x, y, z`*`)`

a) A partir des vecteurs *x* et *y* (de type ligne ou colonne) définissant le domaine de valeurs d'une grille en X et Y, génération des matrices *Xm* et *Ym* (de dimension `length(y)` lignes * `length(x)` colonnes) qui permettront d'évaluer une fonction z=fct(x,y) (matrice) par une simple instruction vectorisée (i.e. sans devoir implémenter des

boucles `for`) comme illustré dans la solution 2 de l'exemple ci-dessus. Il est important de noter que la grille peut avoir un nombre de points différent en X et Y et que les valeurs définies par les vecteurs *x* et *y* ne doivent pas nécessairement être espacées linéairement, ce qui permet donc de définir un **maillage absolument quelconque**.
Si le paramètre *y* est omis, cela est équivalent `meshgrid(x,x)` qui défini un maillage avec la même plage de valeurs en X et Y
La fonction `meshgrid` remplace la fonction `meshdom` qui est obsolète.
b) Sous cette forme, la fonction génère les tableaux tri-dimensionnels *Xm*,*Ym* et *Zm* qui sont nécessaires pour évaluer une fonction v=fct(x,y,z) et générer des graphiques 3D volumétriques (par exemple avec `slice` : voir exemple au chapitre "Graphiques 3D volumétriques").

`ndgrid(...)`
C'est l'extension de la fonction `meshgrid` à **n-dimension**

La fonction "griddata" d'interpolation de grille dans un semis irrégulier

Sous MATLAB/Octave, les fonctions classiques de visualisation de données 3D nécessitent qu'on leur fournisse une matrice de valeurs Z (à l'exception, en particulier, de M `fill3` , O `tricontour` , `trimesh` , `trisurf`). Or il arrive souvent, dans la pratique, que l'on dispose d'un **semis de points (x,y,z) irrégulier** (c-à-d. dont les coordonnées X et Y ne correspondent pas à une grille, ou que celle-ci n'est pas parallèle au système d'axes X/Y) provenant par exemple de mesures, et que l'on souhaite interpoler une surface passant par ces points et la grapher. Il est alors nécessaire de déterminer au préalable une **grille X/Y régulière**, puis d'**interpoler les valeurs Z** sur les points de cette grille à l'aide de la fonction d'interpolation 2D `griddata` , comme cela va être illustré dans l'exemple qui suit.
La fonction `interp2` se rapproche de `griddata` , mais elle interpole à partir d'une grille (matrice de valeurs Z), et non pas à partir d'un semis de points irrégulier.

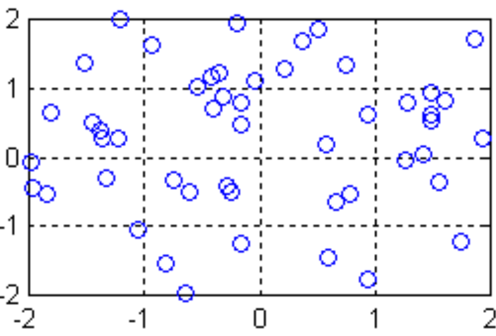
Donnée du problème :

Plutôt que d'entrer manuellement les coordonnées x/y/z d'une série de points irrégulièrement distribués, nous allons générer un **semis de point x/y irrégulier**, puis calculer la valeur z en chacun de ces points en utilisant une fonction z=fct(x,y) donnée, en l'occurence **z= x * exp(-x^2 -y^2)**. Nous visualiserons alors ce semis de points, puis effecuerons une **triangulation de Delauny** pour afficher cette surface sous forme brute par des triangles. Puis nous utiliserons `griddata` pour interpoler une grille régulière dans ce semis de points, et nous visualiserons la surface correspondante.

Solution :

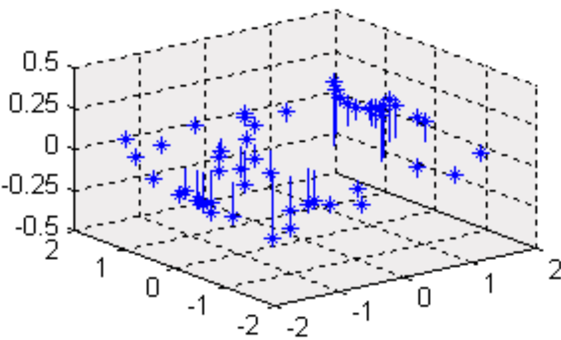
1) Génération aléatoire d'un **semis de points X/Y** irrégulier :

```
x= 4*rand(1,50) -2;  % vecteur de 50 val. entre -2 et +2
y= 4*rand(1,50) -2;  % vecteur de 50 val. entre -2 et +2

plot(x,y,'o');
grid('on');
axis([-2 2 -2 2]);
```



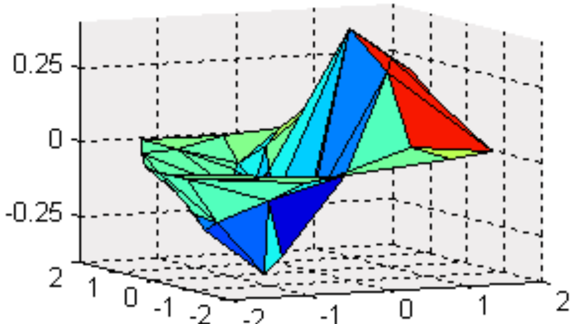
2) Calcul de la **valeur Z** (selon la fonction donnée) en chacun des points de ce semis :

```
z= x.*exp(-x.^2 - y.^2);  % calcul de Z en ces points

stem3(x,y,z,'-*');
grid('on');
```



3) Triangulation de Delaunay pour **afficher la surface brute** :
(sous Octave, la fonction `trisurf` est implémentée depuis la version 3.2)

```
tri_indices= delaunay(x, y);     % formation triangles
                                 % => matrice d'indices
trisurf(tri_indices, x, y, z);   % affichage triangles
set(gca,'xtick',[-2 -1 0 1 2]);
set(gca,'ytick',[-2 -1 0 1 2]);
set(gca,'ztick',[-0.5 -0.25 0 0.25 0.5]);
```

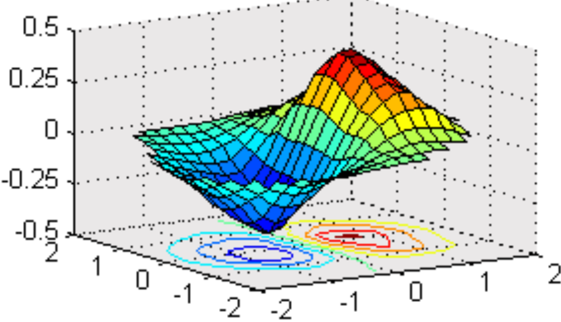


Sous Octave seulement, on aurait aussi pu dessiner dans un graphique 2D les **courbes de niveau** avec cette fonction du package "plot" :

```
tricontour(tri_indices, x, y, z, [-0.5:0.1:0.5], 'r-o')
```

4) Définition d'une **grille régulière X/Y**, et **interpolation** de la surface en ces points :

```
xi= -2:0.2:2;
yi= xi';   % ce doit être un vecteur colonne !!!
[XI,YI,ZI]= griddata(x,y,z,xi,yi,'cubic');
                 % interpolation sur grille
surfc(XI,YI,ZI); % affich. surf. interpolée et contours

% pour superposer sur ce graphique le semis de point :
hold('on');
plot3(x,y,z,'.');
```



Description générale des fonctions `griddata` et `interp2` :

`[XI,YI,ZI] = griddata(x,y,z, xi,yi {,methode} )`

Sur la base d'un **semis de points irrégulier** défini par les vecteurs *x*, *y*, *z*, interpole la surface *XI*,*YI*,*ZI* aux points de la grille spécifiée par le domaine de valeurs *xi* et *yi* (vecteurs). On a le choix entre 4 *methodes* d'interpolation différentes :

- `'linear'` : interpolation linéaire basée triangle (méthode par défaut), disontinuités de 0ème et 1ère dérivée
- `'cubic'` : interpolation cubique basée triangle, surface lissée
- `'nearest'` : interpolation basée sur le voisin le plus proche, disontinuités de 0ème et 1ère dérivée
- `'v4'` : méthode MATLAB 4 non basée sur une triangulation de Delaunay, surface lissée

`ZI = interp2(X,Y,Z, xi,yi {,methode} )`

Par opposition à `griddata`, cette fonction d'interpolation 2D s'appuie sur une **grille de valeurs** définies par les **matrices** *X*, *Y* et *Z* (*X* et *Y* devant être passées au format produit par `meshgrid`). Voir l'aide en-ligne pour davantage de détails.

Le cas échéant, voir la fonction d'interpolation 3D `interp3`, et la fonction d'interpolation multidimensionnelle `interpn`.

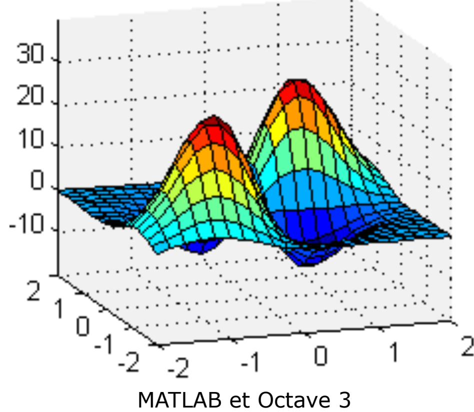
6.3.2 Graphiques 2D½

On appelle les types de graphiques présentés ici des **graphiques 2D½** ("2D et demi") car, représentant des données 3D sur un graphique à 2 axes (2D), ils sont à mi-chemin entre le 2D et le 3D.

Dans la "gallerie" de présentation des fonctions graphiques de ce chapitre, nous visualiserons toujours la même fonction 2D **z=fct(x,y)** dont les matrices `X`, `Y` et `Z` sont produites par le code MATLAB/Octave ci-dessous :

```
x=-2:0.2:2;
y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
Z=100*sin(X).*sin(Y) .* exp(-X.^2 + X.*Y - Y.^2);
```

Figure ci-contre ensuite produite avec : `surf(X,Y,Z)`



MATLAB et Octave 3

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

{ [*C*, *h*] = } `contour({X, Y,} Z {, n | v } {, linespec } )`

Courbes de niveau :
Dessine les courbes de niveau (isolignes) interpolées sur la base de la matrice `Z` (les vecteurs ou matrices `X` et `Y` servant à uniquement à graduer les axes, si nécessaire) :

- le scalaire `n` permet de définir le nombre de courbes à tracer
- le vecteur `v` permet de spécifier pour quelles valeurs précises de Z il faut interpoler des courbes
- la couleur des courbes est contrôlée par les fonctions `colormap` et `caxis` (présentées plus loin)
- on peut ausssi spécifier le paramètre `linespec` pour définir l'apparence des courbes
- on peut affecter cette fonction aux paramètres de sortie *C* (matrice de contour) et *h* (handles) si l'on veut utiliser ensuite la fonction `clabel` ci-dessous

De façon interne, `contour` fait appel à la fonction MATLAB/Octave `contourc` d'interpolation de courbes (calcul de la matrice *C*)

Voir aussi la fonction `ezcontour` (easy contour) de visualisation, par courbes de niveau, d'une **fonction** à 2 variables définie sous forme d'une expression fct(x,y).

{handle = } `clabel(C, h {,'manual'} )` *(**c**ontour label)*

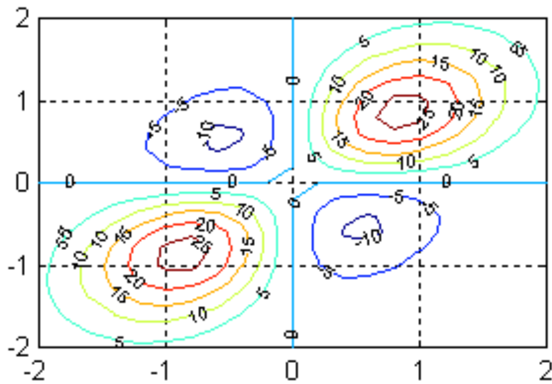
Étiquetage des courbes de niveau :
Place des labels (valeur des cotes Z) sur les courbes de niveau. Les paramètres *C* (matrice de contour) et *h* (vecteur de handles) sont récupérés lors de l'exécution préalable des fonctions de dessin `contour` ou `contourf` (ou de la fonction d'interpolation `contourc`). Sans le paramètre *h*, les labels ne sont pas placés parallèlement aux courbes. Avec le paramètre `'manual'`, on peut désigner manuellement (à la souris) l'emplacement de ces labels.
Octave/FLTK 3.4 à 3.6 n'oriente pas encore les labels selon les courbes

Ex:

```
[C,h]= contour(X,Y,Z,[-10:5:30]); % dessin courbes
   % courbes de niveaux de -10 à 30 tous les 5
h_cl= clabel(C,h);  % dessin des labels ; on
% récupère h_cl, vect. handles pointant v/chaque label
grid('on')
```

On pourrait formater les labels des courbes de niveau avec : (faire `disp(get(h_cl(1)))` pour comprendre structure/champs)

```
set(h_cl,'fontsize',7) % chang. taille tous labels

% code pour arrondir à 1 décimale le texte des labels
for k=1:length(h_cl)    % parcours de chaque label
  h_cl_s = get(h_cl(k));          % struct. k-ème label
  lab_s = h_cl_s.string;          % texte du label...
  lab_n = str2num(lab_s);         %  converti en nb
  lab_rs=sprintf('%5.1f',lab_n); %  converti chaine
  set(h_cl(k),'string',lab_rs);  %  réappliqué d/graph.
end
```



{ [*C*, *h*, *CF*] = } `contourf({X, Y,} Z {, n | v } )` *(contour **f**illed)*

Courbes de niveau avec remplissage :
Le principe d'utilisation de cette fonction est le même que pour `contour` (voir plus haut), mais l'espace entre les courbes est ici rempli de couleurs. Celles-ci sont également contrôlées par les fonctions `colormap` et `caxis` (présentées plus loin). On pourrait bien évidemment ajouter à un tel graphique des labels (avec `clabel`), mais l'affichage d'une légende de type "barre de couleurs" (avec la fonction `colorbar` décrite plus loin) est bien plus parlant.

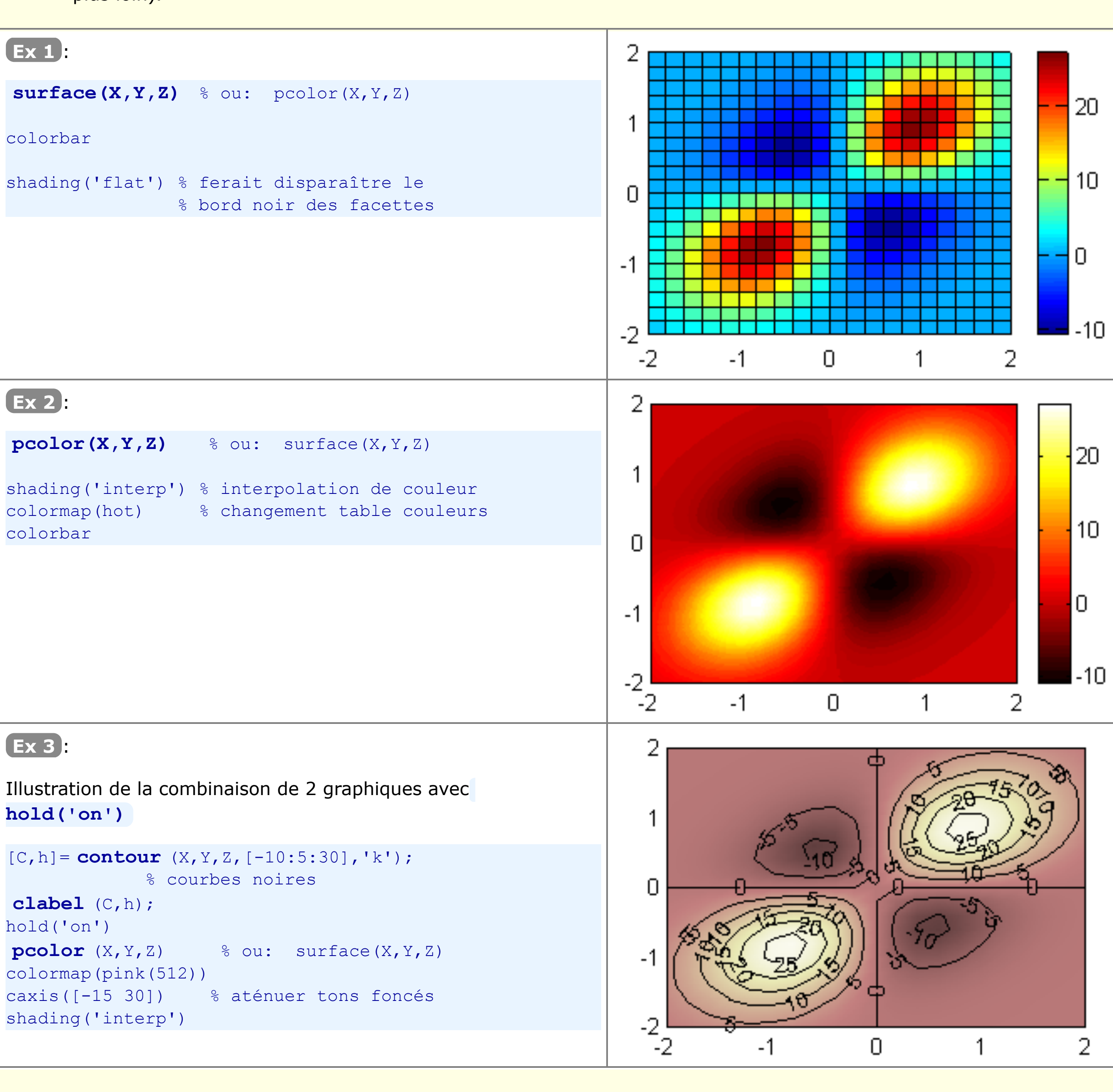
Voir aussi la fonction `ezcontourf` (easy contour filled) de visualisation, par courbes de niveau avec remplissage, d'une **fonction** à 2 variables définie sous forme d'une expression fct(x,y).

Ex:

```
contourf(X,Y,Z,[-10:2.5:30])
  % courbes tous les 2.5

colormap('default') % essayez winter, summer...
colorbar            % affich. barre couleurs
  % essayez p.ex. : caxis([-40 60])
  %                 caxis([-5 20])
  %                 caxis('auto')
```

`surface({X, Y,} Z )` ou
`pcolor({X, Y,} Z )` (*pseudo color*)

Affichage en "facettes de couleur" ou avec lissage interpolé :
La matrice de valeurs *Z* est affichée en 2D sous forme de facettes colorées (mode par défaut, sans interpolation, correspondant à `interp('faceted')`).
Les couleurs indexées sont contrôlées par les fonctions `colormap` et `caxis` (décrites plus loin).
On peut en outre réaliser une interpolation de couleurs (lissage) avec la commande `shading` (également décrite plus loin).



Ex 1:

```
surface(X,Y,Z)  % ou:  pcolor(X,Y,Z)

colorbar

shading('flat') % ferait disparaître le
                % bord noir des facettes
```

Ex 2:

```
pcolor(X,Y,Z)    % ou:  surface(X,Y,Z)

shading('interp') % interpolation de couleur
colormap(hot)     % changement table couleurs
colorbar
```

Ex 3:

Illustration de la combinaison de 2 graphiques avec `hold('on')`

```
[C,h]= contour (X,Y,Z,[-10:5:30],'k');
              % courbes noires
clabel (C,h);
hold('on')
pcolor (X,Y,Z)      % ou:  surface(X,Y,Z)
colormap(pink(512))
caxis([-15 30])     % aténuer tons foncés
shading('interp')
```

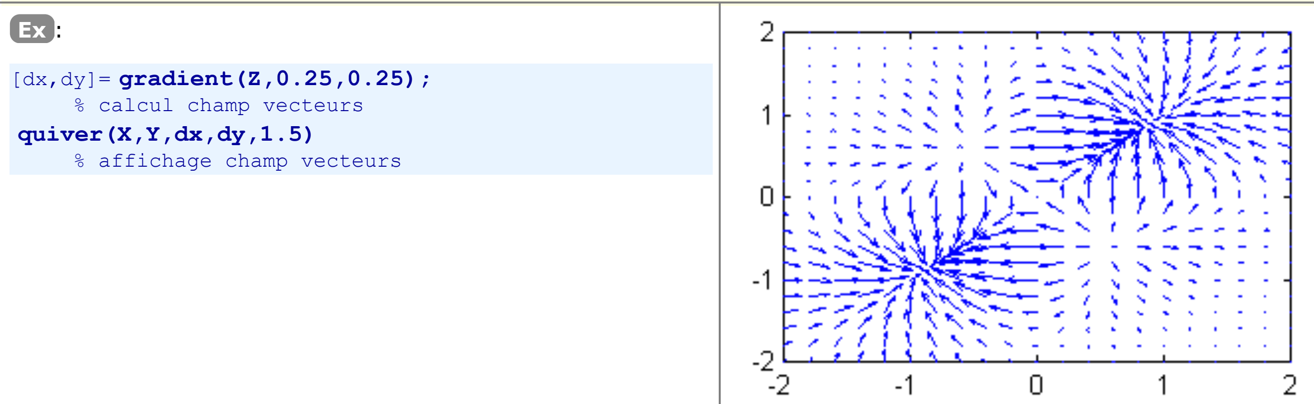
`quiver({X, Y,} dx ,dy {, scale } {, linespec {, 'filled' } } )`

Affichage d'un champ de vecteurs :
Dessine le champ de vecteurs défini par les matrices *dx* et *dy* (p.ex. calculées avec la fonction `gradient`

décrite ci-dessous) :
- les vecteurs ou matrices `X` et `Y` ne servent qu'à graduer les axes (si nécessaire)
- le paramètre `scale` permet de définir l'échelle des vecteurs
- avec le paramètre `linespec`, on peut encore définir un type de trait et couleur, ainsi que changer la flèche par un symbole, voire remplir les symboles avec `'filled'`

`[dx, dy] = gradient(Z {, espac_x, espac_y } )`

Calcul d'un champ de vecteurs (vitesses) :
Détermine un champ de vecteurs en calculant le gradient 2D de la matrice *Z*.
Fonction communément utilisée pour générer les vecteurs affichés par la fonction `quiver` ci-dessus.
Définie ici en 2 dimension, cette fonction est aussi utilisable sous MATLAB en N-dimension.



6.3.3 Graphiques 3D

Nous décrivons ci-dessous les fonctions MATLAB/Octave les plus importantes permettant de représenter en 3D des **points**, **lignes**, **barres** et **surfaces**.

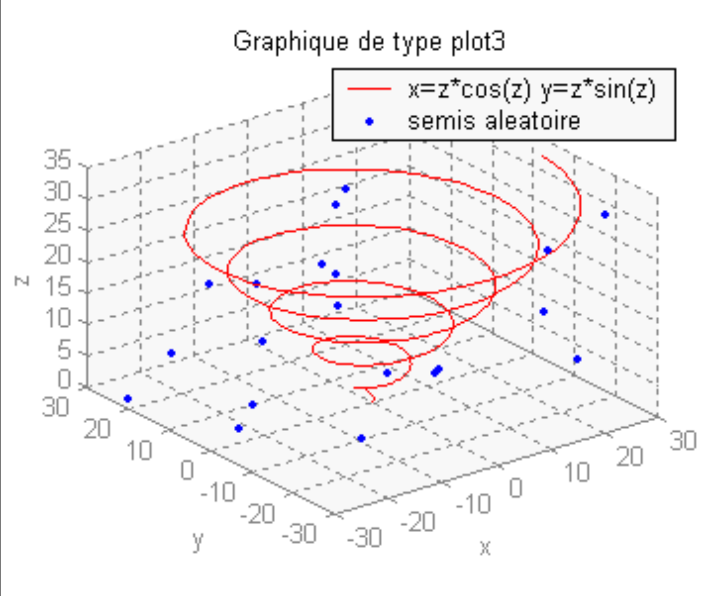
<table>
<tr><th colspan="2">Fonction et description</th></tr>
<tr><th>Exemple</th><th>Illustration</th></tr>
<tr><td colspan="2"><code>plot3(x1,y1,z1 {,linespec} {, x2,y2,z2 {,linespec} ...})</code>
<code>plot3(x1,y1,z1 {,'PropertyName',PropertyValue} ...)</code>
Graphique 3D de lignes et/ou semis de points sur axes linéaires :
Analogue à la fonction 2D <code>plot</code> (à laquelle on se réfèrera pour davantage de détails), celle-ci réalise un graphique 3D (et nécessite donc, en plus des vecteurs x et y, un vecteur z).
Comme pour les graphiques 2D, on peut bien évidemment aussi superposer plusieurs graphiques 3D avec <code>hold('on')</code> .

Voir en outre (plus bas dans ce support de cours) :
• pour tracer des courbes 2D/3D dans un fichier au format AutoCAD DXF : fonction <code>dxfwrite</code></td></tr>
<tr><td>Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)
<pre>z1=0:0.1:10*pi;
x1=z1.*cos(z1);
y1=z1.*sin(z1);

x2=60*rand(1,20)-30; % 20 points de coord.
y2=60*rand(1,20)-30; % -30 < X,Y < 30
z2=35*rand(1,20);   %   0 < Z < 35

plot3(x1,y1,z1,'r',x2,y2,z2,'o')

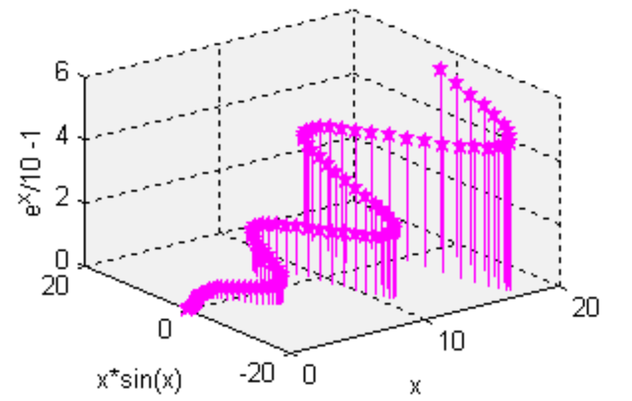
axis([-30 30 -30 30 0 35])
grid('on')
xlabel('x'); ylabel('y'); zlabel('z');
title('Graphique de type plot3')
legend('x=z*cos(z) y=z*sin(z)', ...
       'semis aleatoire',1)

set(gca,'xtick',[-30:10:30])
set(gca,'ytick',[-30:10:30])
set(gca,'ztick',[0:5:35])
set(gca,'Xcolor',[0.5 0.5 0.5], ...
        'Ycolor',[0.5 0.5 0.5], ...
        'Zcolor',[0.5 0.5 0.5])</pre></td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><code>ezplot3('expr_x','expr_y','expr_z', [tmin tmax] {,'animate'})</code> (easy plot3)
Dessin d'une courbe paramétrique 3D :
Dessine la courbe paramétrique définie par les expressions x=fct(t), y=fct(t), z=fct(t) spécifiées, pour les valeurs de t allant de tmin à tmax. Avec le paramètre 'animate', réalise un tracé animé de type <code>comet3</code> .</td></tr>
<tr><td>Ex: le code ci-dessous réalise la même courbe rouge que celle de l'exemple <code>plot3</code> précédent :
<pre>ezplot3('t*sin(t)','t*cos(t)','t',[0,10*pi])</pre></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"><code>stem3(x,y,z {,linespec} {,'filled'})</code>
Graphique 3D en bâtonnets :
Analogue à la fonction 2D <code>stem</code> (à laquelle on se réfèrera pour davantage de détails), celle-ci réalise un graphique 3D et nécessite donc, en plus des vecteurs x et y, un vecteur z.
Cette fonction rend mieux la 3ème dimension que les fonctions <code>plot3</code> et <code>scatter3</code> lorsqu'il s'agit de représenter un semis de points !

Sous Octave3.4.2/FLTK , le paramètre <code>'filled'</code> n'est pas encore implémenté</td></tr>
</table>

Ex:

```
x=linspace(0,6*pi,100);
y=x.*sin(x);
z=exp(x/10)-1;

stem3(x,y,z,'mp')

xlabel('x')
ylabel('x*sin(x)')
zlabel('e^x/10 -1')
grid('on')
```



a) `mesh({X, Y,} Z {,COUL} )`
b) `meshc({X, Y,} Z {,COUL} )` *(mesh and **c**ontours)*
c) `meshz({X, Y,} Z {,COUL} )`

Dessin de surface 3D sous forme grille (wireframe) :
Dessine, sous forme de grille (wireframe, mesh), la surface définie par la matrice de hauteurs *Z*. Il s'agit d'une représentation en "fil de fer" avec traitement des lignes cachées (hidden lines). Comme vu plus haut, les vecteurs ou matrices *X* et *Y* servent à uniquement à graduer les axes ; s'ils ne sont pas spécifiés, la graduation s'effectue de 1 à size(*Z*).
a) Affichage de la surface uniquement
b) Affichage combiné de la surface et des courbes de niveau (sur un plan sous la surface). En fait `meshc` appelle `mesh`, puis fait un `hold('on')`, puis appelle `contour`. Pour mieux contrôler l'apparence des courbes de niveau, l'utilisateur peut donc exécuter lui-même cette séquence de commandes manuellement au lieu d'utiliser `meshc`.
c) Dessine, autour de la surface, des plans verticaux ("rideaux")

S'agissant du paramètre *COUL* :

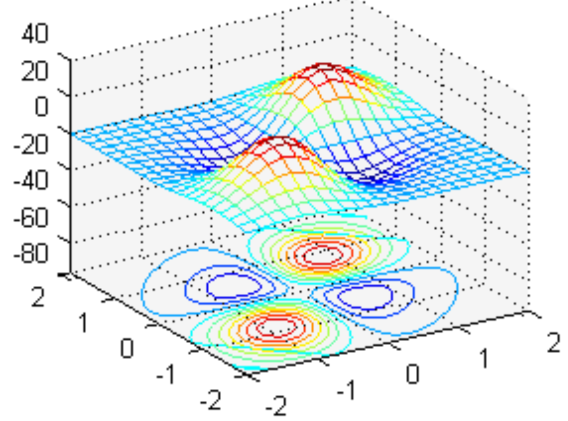
- ce paramètre permet de spécifier la couleur de chaque maille (et visualiser ainsi des **données 4D** en définissant la couleur indépendemment de l'altitude)
  • si *COUL* est une matrice 2D de même dimension que *Z*, elle définit des "**couleurs indexées**", et une transformation linéaire est automatiquement appliquée (via les paramètres [*cmin cmax*] décrits plus loin) pour faire correspondre ces valeurs avec les indices de la table de couleurs courante
  • mais *COUL* peut aussi spécifier des "**vraies couleurs**" en composantes RGB ; ce sera alors une matrice 3D dont *COUL(:,:,1)* définira la composante rouge (de 0.0 à 1.0), *COUL(:,:,2)* la composante verte, et *COUL(:,:,3)* la composante bleue
- si *COUL* n'est pas spécifié, la couleur sera "proportionelle" à la hauteur Z, et le choix et l'usage de la palette sera effectué par les fonctions `colormap` et `caxis` (décrites plus loin)

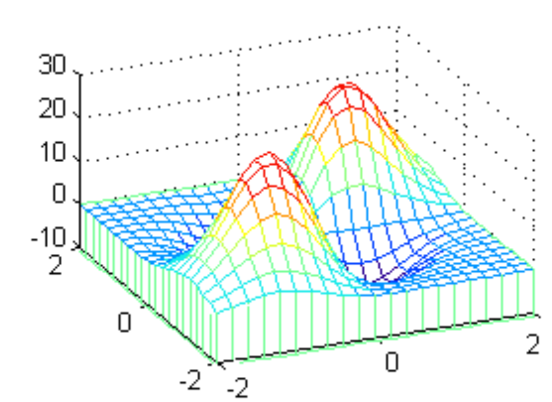
`hidden('on | off')`

Affichage/masquage des lignes cachées :
Les fonctions `mesh`, `meshc`, `meshz`, **M** `waterfall` effectuant un traitement des lignes cachées (hidden lines), cette commande permet de le désactiver si nécessaire.

Ex: On reprend ici, et dans les exemples suivants, la fonction utilisée dans les exemples du chapitre "Graphiques 2D de représentation de données 3D"

```
x=-2:0.2:2;  y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
Z=100*sin(X).*sin(Y).* ...
  exp(-X.^2 + X.*Y - Y.^2);

meshc(X,Y,Z)  % => graphique supérieur

meshz(X,Y,Z)  % => graphique inférieur
```



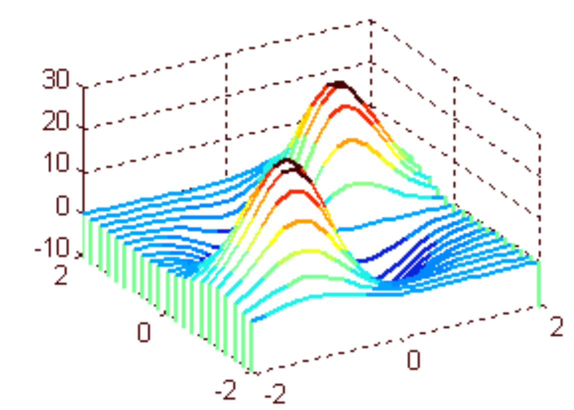


`waterfall({X, Y,} Z {,COUL} )`

Dessin de surface 3D en "chute d'eau" :
Le graphique produit est similaire à celui de `meshz`, sauf que les lignes dans la direction de l'axe Y ne sont pas dessinées.
La fonction `hidden` peut aussi être utilisée pour faire apparaître les lignes cachées.

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
h= waterfall(X,Y,Z);
  % on récupère le handle du graphique pour
  % changer ci-dessous épaisseur des lignes

set(h,'linewidth',2)
```



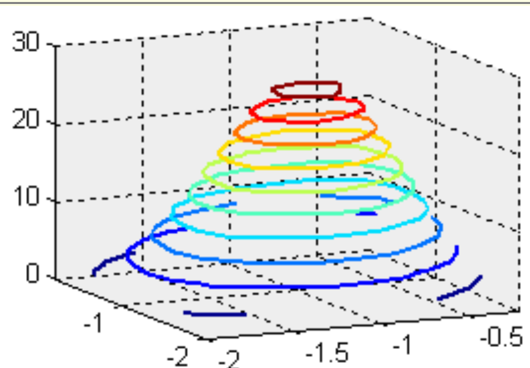
{ [*C*, *h*] = } `contour3({X, Y,} Z {, n | v } )`

Dessin de courbes de niveau en 3D :
Cette fonction est analogue à `contour` (à laquelle on se réfèrera pour davantage de détails, notamment l'usage des paramètres *n* ou *v*), sauf que les courbes ne sont pas projetées dans un plan horizontal mais dessinées en 3D dans les différents plans XY correspondant à leur hauteur Z.

Voir aussi la fonction `contourslice` permettant de dessiner des courbes de niveau selon les plans XZ et YZ

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave)

```
[C,h]= contour3(x(1:10),y(1:10), ...
                Z(1:10,1:10),[0:2.5:30]);
colormap('default')
set(h,'linewidth',2)
```



`ribbon({x,} Y {,width} )`

Dessin 3D de lignes 2D en rubans :
Dessine chaque colonne de la matrice *Y* comme un ruban. Un vecteur *x* peut être spécifié pour graduer l'axe. Le scalaire *width* défini la largeur des rubans, par défaut 0.75 ; s'il vaut 1, les bandes se touchent.

Sous Octave 3.4 à 3.6 (bugs ?) :
- *x* doit être une matrice de même dimension que *Y* (donc ne peut pas être un vecteur)
- *width* ne peut pas être spécifier si l'on omet *x*

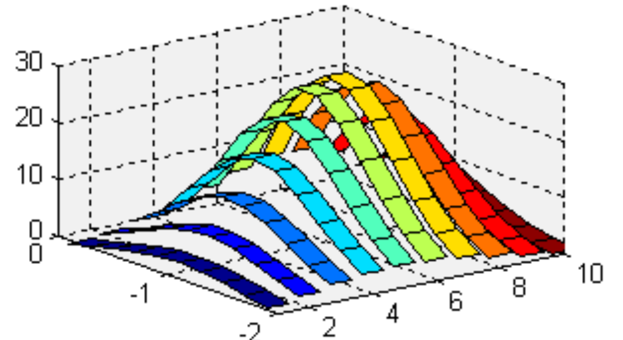
Ex:

Graphique ci-contre réalisé avec MATLAB :

```
ribbon(x(1:10),Z(1:10,1:10),0.7)
axis([1 10 -2 0 0 30])
```

Sous Octave, vous pouvez essayer :

```
ribbon(Z(1:10,1:10))
```



a) `ezmesh{c}('fonction_xy', [xmin xmax ymin ymax], n {,'circ'} )` *(easy mesh/meshc)*
b) `ezmesh{c}('expr_x','expr_y','expr_z', [tmin tmax], n {,'circ'} )`

Dessin d'une fonction z=fct(x,y) ou (x,y,z)=fct(t) sous forme grille (wireframe) :
Dessine, sous forme de grille avec *n* mailles, la fonction spécifiée.
a) fonction définie par l'expressions fct(x,y), pour les valeurs comprises entre *xmin* et *xmax*, et *ymin* et *ymax*
b) fonction définie par les expressions x=fct(t), y=fct(t), z=fct(t), pour les valeurs de t allant de *tmin* à *tmax*

Ex: le code ci-dessous réalise la même surface que celle de l'exemple `mesh` précédent :

```
fct='100*sin(x)*sin(y)*exp(-x^2 + x*y - y^2)';
ezmeshc(fct, [-2 2 -2 2], 40)
```

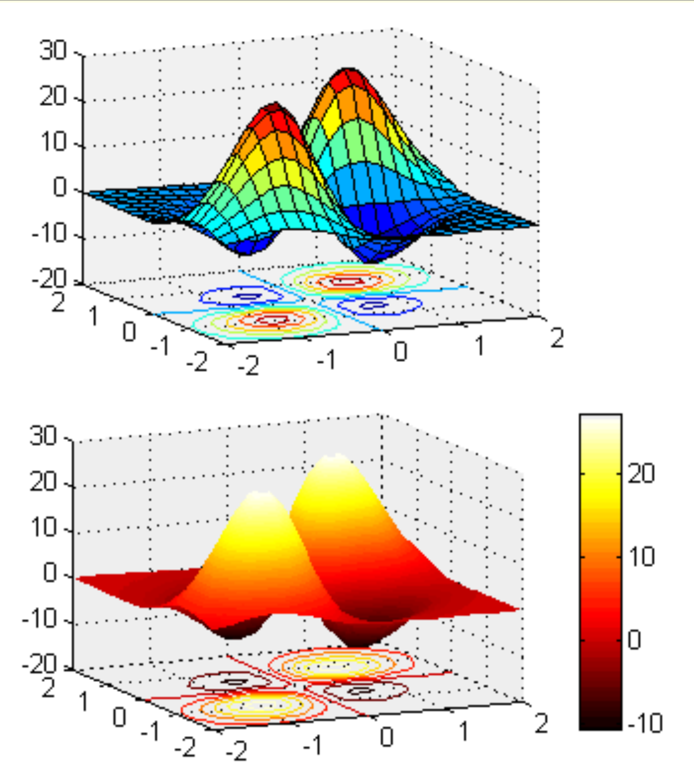
a) `surf({X,Y,} Z {,COUL} {,'PropertyName', PropertyValue...} )`
b) `surfc({X,Y,} Z {,COUL} {,'PropertyName', PropertyValue...} )` *(surface and **c**ontours)*

Dessin de surface 3D colorée (shaded) :
Fonctions analogues à `mesh` / `meshc` (à laquelle on se référera pour davantage de détails), sauf que les facettes sont ici colorées. On peut en outre paramétrer finement l'affichage en modifiant les diverses *propriétés*. De plus :
• les dégradés de couleurs sont fonction de *Z* ou de *COUL* et dépendent de la palette de couleurs (fonctions `colormap` et `caxis` décrites plus loin), à moins que *COUL* soit une matrice 3D définissant des "vraies couleurs" ;
• le mode de coloriage/remplissage (shading) par défaut est `'faceted'` (i.e. pas d'interpolation de couleurs) :
  - avec la commande `shading('flat')`, on peut faire disparaître le trait noir bordant les facettes
  - avec `shading('interp')` on peut faire un lissage de couleur par interpolation.

Voir aussi les fonctions `ezsurf` et `ezsurfc` qui sont le pendant de `ezmesh` et `ezmeshc`.

Ex:

```
surfc(X,Y,Z)  % shading 'faceted' par défaut

axis([-2 2 -2 2 -20 30])
set(gca,'xtick',[-2:1:2])
set(gca,'ytick',[-2:1:2])
set(gca,'ztick',[-20:10:30])
% => graphique supérieur

shading('interp') % voyez aussi shading('flat')
colormap(hot)
colorbar
% => graphique inférieur
```



`surfl({X,Y,} Z {,s {,k } } )`   *(surface lighted)*

Dessin de surface 3D avec coloriage dépendant de l'éclairage :

Fonction analogue à `surf`, sauf que le coloriage des facettes dépend ici d'une **source de lumière** et non plus de la hauteur *Z* !

• Le paramètre *s* définit la **direction** de la source de lumière, dans le sens surface->lumière, sous forme d'un vecteur [azimut elevation] (en degrés), ou coordonnées [sx sy sz]. Le défaut est 45 degrés depuis la direction de vue courante.

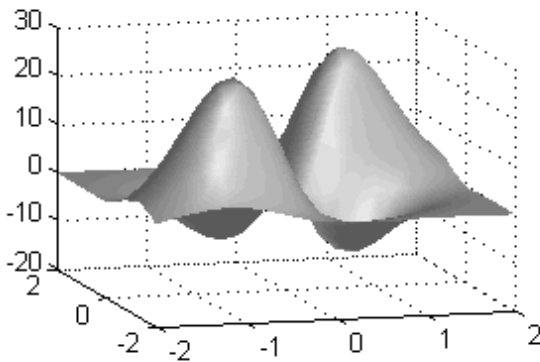
• Le paramètre *k* spécifie la **réflectance** sous forme d'un vecteur à 4 éléments définissant les contributions relatives de [lumière ambiante, réflexion diffuse, réflexion spéculaire, specular shine coefficient]. Le défaut est [0.55, 0.6, 0.4, 10]

• On appliquera la fonction `shading('interp')` (décrite plus loin) pour obtenir un effet de lissage de surface (interpolation de teinte).

• On choisira la table de couleurs adéquate avec la fonction `colormap` (voir plus loin). Pour de bonnes transitions de couleurs, il est important d'utiliser une table qui offre une variation d'intensité linéaire, telle que `gray`, `copper`, `bone`, `pink`.

:

```
surfl(X,Y,Z);

axis([-2 2 -2 2 -20 30]);
shading('interp');
colormap(gray);
```



`trimesh` (grille, wireframe)
`trisurf` (surface colorée, shaded)

Dessin de surface 3D basé sur une triangulation :

Pour ce type de graphique, permettant de tracer une surface passant par un **semis de points irrégulier**, on se réfèrera à l'exemple du chapitre "La fonction "griddata" d'interpolation de grille dans un semis irrégulier"

`scatter3(x, y, z {,size {,color } } {,symbol} {,'filled'} )`

Visualisation d'un semis de points 3D par des symboles :

Cette fonction s'utilise de façon analogue à la fonction 2D `scatter` (à laquelle on se réfèrera pour davantage de détails).

Voir aussi `plot3`, et surtout `stem3` qui rend mieux la 3ème dimension.

a) `bar3( {x,} mat {,larg} {,'style'} )`
b) `bar3h( {z,} mat {,larg} {,'style'} )`

Graphique de barres 3D :

Représente les valeurs de la matrice *mat* sous forme de barres 3D, verticalement avec la forme **a)**, horizontalement avec la forme **b)**.

S'il est fourni, le vecteur *x* ou *z* est utilisé pour graduer l'axe au pied des barres et espacer celles-ci.

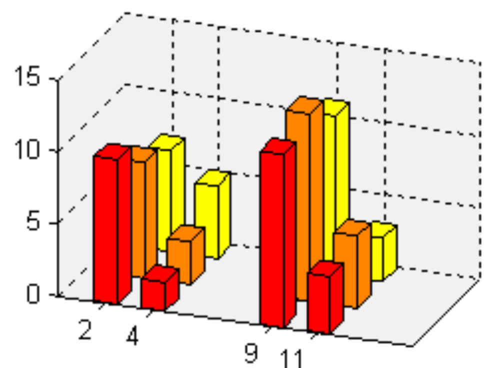
Le scalaire *larg* spécifie le rapport "épaisseur des barres / espacement entre barres en profondeur" dans le cadre d'un groupe ; la valeur par défaut est 0.8 ; si celle-ci atteint 1, les barres se touchent.

Le paramètre *style* peut prendre les valeurs `'detached'` (défaut), `'grouped'`, ou `'stacked'`

Ces 3 fonctions, qui existaient sous Octave 3.0.1/JHandles, semblent avoir disparu sous Octave 3.2 à 3.6 !?

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

```
x=[2 4 9 11];
mat=[10 8 7 ; 2 3 5 ; 12 13 11 ; 4 5 3];
bar3(x,mat,0.5,'detached')
colormap(autumn)
```



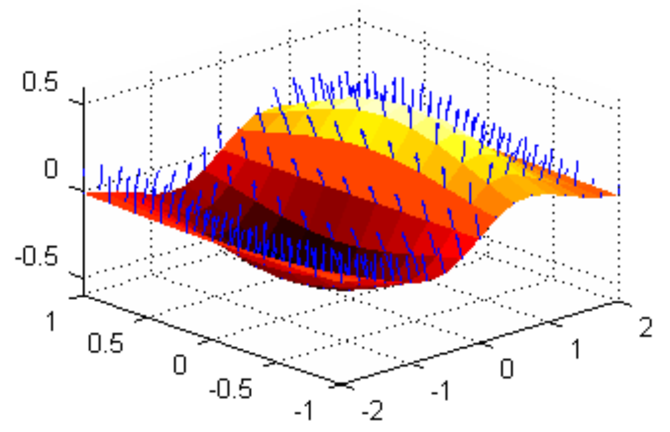
`quiver3({X, Y,} Z, dx, dy, dz {, scale } {, linespec {, 'filled' } })`

Dessin d'un champ de vecteurs 3D :
Extension à la 3e dimension de la fonction `quiver` vue plus haut. Dessine, sur la surface *Z*, le champ de vecteurs défini par les matrices *dx*, *dy*, *dz*. Voyez l'aide en-ligne pour davantage de détails.

Voyez aussi la fonction M `coneplot` de tracé de vecteurs dans l'espace par des cônes.

Ex:

```
[X,Y]=meshgrid(-2:0.25:2, -1:0.2:1);
Z = X .* exp(-X.^2 - Y.^2);
[U,V,W]= surfnorm (X,Y,Z);
       % normales à la surface Z=fct(X,Y)
surf(X,Y,Z)
hold('on')
quiver3(X,Y,Z, U,V,W, 0.5, 'b')

colormap(hot)
shading('flat')
axis([-2 2 -1 1 -.6 .6])
```



Et citons encore quelques **autres fonctions** graphiques 3D qui pourront vous être utiles,non décrites dans ce support de cours :

- `sphere` : dessin de **sphère**
- `cylinder` : dessin de **cylindre** et surface de révolution
- M `fill3` : dessin de polygones 3D (flat-shaded ou Gouraud-shaded) (extension à la 3ème dimension de la fonction `fill`)
- `patch` : fonctions de bas niveau pour la création d'objets graphiques surfaciques

6.3.4 Graphiques 3D volumétriques (représentation de données 4D)

Des "**données 4D**" peuvent être vues comme des données 3D auxquelles sont associées un 4e paramètre qui est fonction de la position (x,y,z), défini par exemple par une fonction **v = fct(x,y,z)**.

Pour **visualiser des données 4D**, MATLAB/Octave propose différents types de graphiques 3D dits "**volumétriques**", le plus couramment utilisé étant `slice` (décrit ci-dessous) où le **4ème paramètre** est **représenté par une couleur** !

De façon analogue aux graphiques 3D (pour lesquels il s'agissait d'élaborer préalablement une matrice 2D définissant la surface Z à grapher), ce qu'il faut ici fournir aux fonctions de graphiques volumétriques c'est une **matrice tri-dimensionnelle** définissant un **cube de valeurs V**. Si ces données 4D résultent d'une fonction v = fct(x,y,z), on déterminera cette matrice 3D V par échantillonnement de la fonction en s'aidant de tableaux auxiliaires **Xm**,**Ym** et **Zm** (ici également tri-dimensionnels) préalablement déterminées avec la fonction `meshgrid`.

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

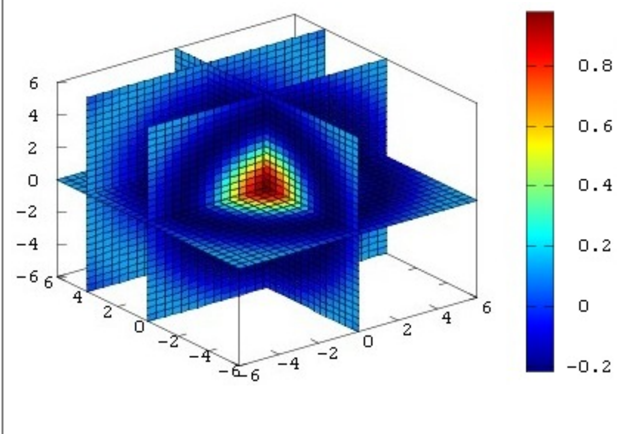
a) `slice({X,Y,Z,} V, sx,sy,sz)`
b) `slice({X,Y,Z,} V, xi,yi,zi {,méthode})`

Affichage 3D de données volumétriques sous forme de "tranche(s)" :
a) Les données volumétriques `V` (tableau tri-dimensionnel) sont représentées selon des **plans orthogonaux** aux axes du graphique (horizontaux ou verticaux) et placés aux cotes définies par les scalaires ou vecteurs `sx`, `sy` et `sz`. Si l'on ne souhaite pas de tranche selon l'une ou l'autre direction, on mettra `[]` en lieu et place du paramètre `si` correspondant à cette direction.
S'agissant des paramètres `X`, `Y` et `Z`, qui ne servent qu'à **graduer** les axes du graphique, on fournira soit les tableaux 3D auxiliaires Xm,Ym,Zm (préalablement déterminés avec `meshgrid` pour calculer `V`), soit des vecteurs (définissant les valeurs d'échantillonage en x/y/z, et de longueur correspondant aux dimensions de V). Si ces paramètres sont omis, la graduation de fera de 1 à n.

b) Sous cette forme, la "tranche" de visualisation peut être une **surface quelconque** (donc pas obligatoirement plane !) définie par une grille régulière `xi` / `yi` associée à des altitudes `zi`. La fonction `slice` se charge elle-même d'interpoler (avec `interp3`) les valeurs de `V` sur cette surface en utilisant l'une des `méthode` suivante : `'linear'` (défaut), `'nearest'` ou `'cubic'`. Cette surface/grille d'interpolation/visualisation sera donc définie par 3 matrices 2D `xi`, `yi` et `zi`

Ex 1:

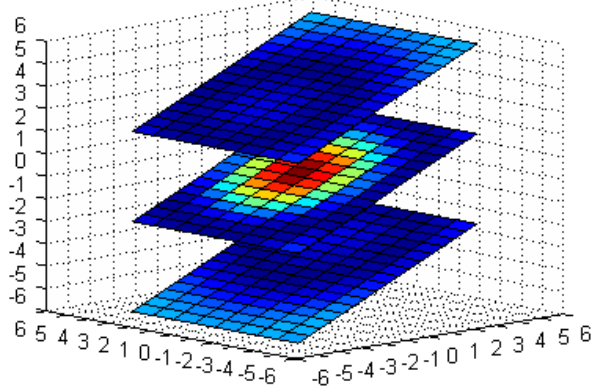
```
min=-6; max=6; n_grid=30;
v_xyz = linspace(min,max,n_grid);
[Xm,Ym,Zm] = meshgrid(v_xyz, v_xyz, v_xyz);
   % ou simplement: [Xm,Ym,Zm]=meshgrid(v_xyz);
V = sin( sqrt(Xm.^2 + Ym.^2 + Zm.^2) ) ./ ...
    sqrt(Xm.^2 + Ym.^2 + Zm.^2);
slice(Xm,Ym,Zm, V,[],[],0)
   % ci-dessus: tranche horiz.en z=0
hold('on')
slice(v_xyz,v_xyz,v_xyz,V,0,[0,4],[])
   % tranches verticales en x=0 et en y=[0,4]
   % pour les 3 permiers paramètres, on peut
   %  utiliser Xm,Ym,Zm ou v_xyz,v_xyz,v_xyz
axis([min max min max min max])
colorbar
```



Ex 2:

Poursuite avec les données `V` de l'exemple précédent :

```
clf
[xi,yi]=meshgrid([-4:0.5:4],[-4:1:4]);
   % ci-dessus définition grille X/Y
zi = 0.5 * xi; % plan incliné sur cette grille
slice (v_xyz,v_xyz,v_xyz, V, xi,yi,zi)
zi = zi + 4;  % 2e plan au dessus du précéd.
hold('on')
slice (v_xyz,v_xyz,v_xyz, V, xi,yi,zi)
zi = zi - 8;  % 3e plan au dessous du précéd.
slice (v_xyz,v_xyz,v_xyz, V, xi,yi,zi)
grid('on')
axis([min max min max min max])
set(gca,'Xtick',[min:max],'Ytick',[min:max], ...
```



```
        'Ztick',[min:max])
```

Ex 3 :

Poursuite avec les données **V** de l'exemple précédent :

```
clf
 [xi,yi] =meshgrid([-4:0.2:4]);
 zi =5*exp(-xi.^2 + xi.*yi - yi.^2);
 slice (v_xyz,v_xyz,v_xyz, V, xi,yi,zi)
```

On peut encore mentionner les fonctions de représentation de données 4D suivantes, en renvoyant l'utilisateur à l'aide en-ligne et aux manuels pour davantage de détails et des exemples :

- M **streamline** , M **stream2** , M **stream3** : dessin de lignes de flux en 2D et 3D
- M **contourslice** : dessin de courbes de niveau dans différents plans (parallèles à XY, XZ, YZ...)
- **isocolors** , **isosurface** , **isonormals** , M **isocaps** : calcul et affichage d'isosurfaces...
- M **subvolume** , M **reducevolume** : extrait un sous-ensemble d'un jeu de données volumétriques

6.3.5 Paramétres de visualisation de graphiques 3D

Nous présentons brièvement, dans ce chapitre, les fonctions permettant de **modifier l'aspect** des graphiques 3D (et de certains graphiques 2D) : orientation de la vue, couleurs, lissage, éclairage, propriétés de réflexion... La technique des "Handle Graphics" permet d'aller encore beaucoup plus loin en modifiant toutes les propriétés des objets graphiques.

Vraies couleurs, tables de couleurs (colormaps), et couleurs indexées

On a vu plus haut que certaines couleurs de base peuvent être choisies via la spécification `linespec` utilisée par plusieurs fonctions graphiques (p.ex. `'r'` pour rouge, `'b'` pour bleu...), mais le choix de couleurs est ainsi très limité (seulement 8 couleurs possibles).

1) Couleurs vraies

En informatique, chaque couleur est habituellement définie de façon additive par ses composantes RGB (red, green, blue). MATLAB et Octave ont pris le parti de spécifier les **intensités** de chacune de ces 3 couleurs de base par un nombre réel compris **entre 0.0 et 1.0**. Il est ainsi possible de définir des couleurs absolues, appelées "**couleurs vraies**" (**true colors**), par un **triplet RGB** `[red green blue]` sous la forme d'un vecteur de 3 nombres compris entre 0.0 et 1.0.

> **Ex**: `[1 0 0]` définit le rouge-pur, `[1 1 0]` le jaune, `[0 0 0]` le noir, `[1 1 1]` le blanc, `[0.5 0.5 0.5]` un gris intermédiaire entre le blanc et le noir, etc...

2) Table de couleurs

À chaque figure MATLAB/Octave est associée une "**table de couleurs**" (palette de couleurs, **colormap**). Il s'agit d'une matrice, que nous désignerons par `cmap`, dont chaque **ligne** définit **une couleur** par un triplet RGB. Le nombre de lignes de cette matrice est donc égal au nombre de couleurs définies, et le nombre de colonnes est toujours 3 (valeurs, comprises entre 0.0 et 1.0, des 3 composantes RGB de la couleur définie).

3) Couleurs indexées

Bon nombre de fonctions graphiques 2D, 2D½, 3D (`contour` , `surface` / `pcolor` , `mesh` et `surf` pour ne citer que les plus utilisées...) travaillent en mode "**couleurs indexées**" (pseudo-couleurs) : chaque facette d'une surface, par exemple, ne se voit pas attribuer une "vraie couleur" (triplet RGB) mais pointe, par un index, vers une couleur de la table de couleurs. Cette technique présente l'avantage de pouvoir changer l'ensemble des couleurs d'un graphique sans modifier le graphique lui-même mais en modifiant simplement de table de couleurs (palette). En fonction de la taille de la table choisie, on peut aussi augmenter ou diminuer le **nombre de nuances** de couleurs du graphique.

Lorsque MATLAB/Octave crée une nouvelle figure, il met en place une **table de couleur par défaut** en utilisant la fonction `jet(64)` . La fonction `jet(n)` crée une table de *n* couleurs en dégradés allant du bleu foncé au brun en passant par le cyan, vert, jaune, orange et rouge. La table de couleur par défaut d'une nouvelle figure a par conséquent 64 couleurs.

> **Ex**: `jet_cmap=jet(64);` calcule et stocke la table de couleurs par défaut sur la matrice `jet_cmap` ; `jet_cmap(57,:)` retourne par exemple la 57ème couleur de cette table qui, comme vous pouvez le vérifier, est égale (MATLAB) ou très proche (Octave) de [1 0 0], donc le rouge pur.

L'utilisateur peut créer lui-même ses propres tables de couleur et les appliquer à un graphique avec la fonction `colormap` présentée plus bas. Il existe cependant des tables de couleur prédéfinies ainsi que des fonctions de création de tables de couleurs.

> **Ex**: `ma_cmap=[0 0 0;2 2 2;4 4 4;6 6 6;8 8 8;10 10 10]/10;` génère une table de couleurs composées de 6 niveaux de gris allant du noir-pur au blanc-pur ; on peut ensuite l'appliquer à un graphique existant avec `colormap(ma_cmap)`

4) Scaled mapping et direct mapping

La mise en correspondance (mapping) des 'données de couleur' d'un graphique (p.ex. les valeurs de la matrice *Z* d'un graphique `surf(..., Z)` , ou les valeurs de la matrice 2D *COUL* d'un graphique `surf(..., Z, COUL)`) avec les indices de sa table de couleurs peut s'effectuer de façon directe (direct mapping) ou par une mise à l'échelle (scaled mapping).

- **Scaled mapping** : dans ce mode (qui est le défaut), MATLAB fait usage d'un vecteur à 2 éléments `[cmin cmax]` dans lequel *cmin* spécifie la valeur de 'donnée de couleur' du graphique qui doit être mise en correspondance avec la 1ère couleur de la table de couleur ; *cmax* spécifiant respectivement la valeur de 'donnée de couleur' devant être mise en correspondance avec la dernière couleur de la table. Les valeurs de 'donnée de couleur' se trouvant dans cet intervalle sont automatiquement mises en correspondance avec les différentes indices de la table par une **transformation linéaire**. MATLAB définit automatiquement les valeurs *cmin* et *cmax* de façon qu'elles correspondent à la plage de 'données de couleur' de tous les éléments du graphique, mais on peut les modifier avec la commande `caxis([cmin cmax])` présentée plus bas.
- **Direct mapping** : pour activer ce mode, il faut désactiver le scaling en mettant la propriété `'CDataMapping'` à la valeur `'direct'` (en passage de paramètres lors de la création du graphique, ou après coup par manipulation de handle). Dans ce mode, rarement utilisé, les 'données de couleur' sont mise en correspondance directe (sans scaling)

avec les indexes de la matrice de couleur. Une valeur de 1 (ou inférieure à 1) pointera sur la 1ère couleur de la table, une valeur de 2 sur la seconde couleur, etc... Si la table de couleur comporte n couleurs, la valeur n (ou toute valeur supérieure à n) pointera sur la dernière couleur.

Nous présentons ci-dessous les **principales fonctions** en relation avec la manipulation de tables de couleurs.

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

a) `colormap(cmap)`
b) `colormap(named_cmap)`
c) *cmap* = `colormap`

Appliquer une table de couleurs, ou récupérer la table courante d'une figure :
a) Applique la table de couleur `cmap` (vecteur nx3 de n triplets RGB) à la figure active.
b) Applique une table de couleur nommée à la figure active. On dispose, sous MATLAB/Octave, des 18 tables nommées suivantes (voir leur description plus bas) : `autumn` , `bone` , `colorcube` , `cool` , `copper` , `flag` , `gray` , `hot` , `hsv` , `jet` , `lines` , `pink` , `prism` , `spring` , `summer` , `vga` , `white` , `winter`
c) Récupère, sur la matrice *cmap*, la table de couleur courante de la figure active

Remarque IMPORTANTE : les objets qui sont basés sur des "vraies couleurs" ou des codes de couleur `linespec` ne seront pas affectés par un changement de table de couleurs !

---

a) `brighten(beta)`
b) *cmap* = `brighten(beta)`

Eclaircir ou assombrir une table de couleurs :
Le paramètre `beta` est un scalaire qui aura pour valeur :
  0.0 à 1.0 si l'on veut augmenter la luminosoté de la table de couleur (brighter)
  0.0 à -1.0 si l'on veut l'assombrir (darker).
a) Modifie la table de couleur courante de la figure active (avec répecussion immédiate au niveau de l'affichage)
b) Copie la table de couleur courante de la figure active sur *cmap*, et modifie cette copie sans impact sur la table de couleur courante et sur l'affichage

Remarque IMPORTANTE : les objets qui sont basés sur des "vraies couleurs" ou des codes de couleur `linespec` ne seront pas affectés par cette fonction !

---

a) *cmap* = `named_cmap { (n) }`
b) `colormap(named_cmap { (n) } )`

Calcule d'une table de couleur, ou application d'une table calculée :
MATLAB/Octave offre 17 fonctions `named_cmap` de calcul de tables de couleurs décrites ci-dessous avec une illustration des dégradés de couleur correspondant (réalisés avec la fonction `colorbar`).
a) Retourne une table de couleur avec `n` entrées/couleurs sur la variable *cmap* (table que l'on peut ensuite appliquer à la figure active avec `colormap(cmap)` . Si *n* n'est pas spécifié, la table aura la même taille que la table courante, par défaut 64 couleurs.
b) Calcule et applique directement à la figure active une table de couleur.

La fonction `rgbplot(cmap)` permet de grapher les courbes R/G/B de la table de couleurs *cmap* spécifiée. Essayez-la sur les différentes 'fonctions de palette' ci-dessous (p.ex. `rgbplot(summer(64))`) pour comprendre comment ces palettes sont faites !

Fonctions de création de tables de couleurs :

- `gray(n)` : linear gray-scale
- `copper(n)` : linear copper-tone
- `bone(n)` : gray-scale with tinge of blue
- `pink(n)` : pastel shades of pink

- `spring(n)` : shades of magenta and yellow
- `summer(n)` : shades of green and yellow
- `autumn(n)` : shades of red and yellow
- `winter(n)` : shades of blue and green

- `white(n)` : all white

- `hot(n)` : black-red-yellow-white
- `cool(n)` : shades of cyan and magenta
- `jet(n)` : variant of HSV
- `hsv(n)` : hue-saturation-value

- `flag(n)` : alternating red, white, blue, and black
- `lines(n)` : color map with the line colors

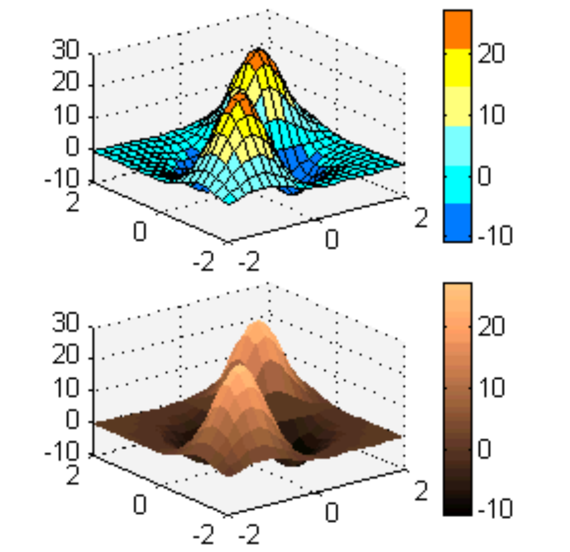
Illustration des palettes générées par ces fonctions :

gray, hot, copper, cool, bone, jet, pink, hsv, spring, flag, summer, lines, autumn, prism, winter, colorcube, white, vga

- `prism(n)` : prism
- `colorcube(n)` : enhanced color-cube
- `vga` : Windows colormap for 16 colors (fonction retournant palette de 16 couleurs, donc pas de paramètre *n*)

Ex:

```
surf(X,Y,Z)  % shading 'faceted' par défaut
axis([-2 2 -2 2 -10 30])
colormap(jet(6))
colorbar  % => premier graphique ci-contre

colormap(copper(64))
shading('flat')
colorbar  % => second graphique ci-contre
```



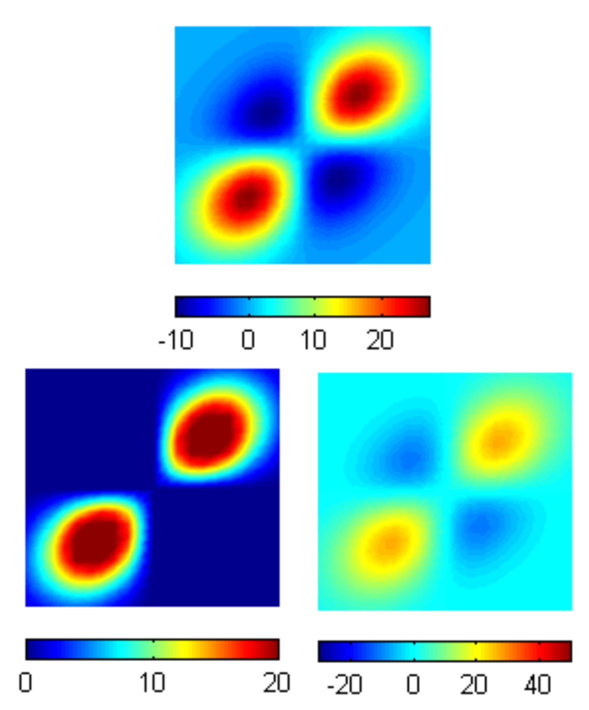
a) `caxis([cmin cmax])` (***co**lor **axis***)
b) `caxis('auto')`
c) [*cmin cmax*] = `caxis`

Changement de l'échelle des couleurs, ou récupérer les valeurs de l'échelle courante :
Agit sur la façon de mettre en correspondance les 'données de couleur' de la figure courante avec les indices de la table de couleurs (voir explications plus haut). Se répercute immédiatement au niveau de l'affichage.
a) Change l'échelle des couleurs en fonction des valeurs *cmin* et *cmax* spécifiées
b) Rétablit un scaling automatique (basé sur les valeurs min et max des données de couleur de la figure)
c) Récupère les valeurs d'échelle *cmin* et *cmax* courantes

Ex:

```
pcolor(X,Y,Z)
colormap(jet(64))  % colormap par défaut
shading('interp')
axis('off')
caxis('auto')      % défaut
colorbar('SouthOutside')   % => premier graphique

caxis([0 20])
colorbar('SouthOutside')   % => second graphique

caxis([-30 50])
colorbar('SouthOutside')   % => troisième graphique
```

Examinez bien l'échelle des barres de couleur



`colorbar({'East | EastOutside | West | WestOutside | North | NorthOutside | South | SouthOutside | off'})`

Affichage d'une barre graduée représentant la table de couleurs courante :
Cette barre de couleurs sera placée par défaut (si la fonction est appelée sans paramètre) verticalement à droite du graphique (ce qui correspond à `'EastOutside'`). Selon que l'on spécifie la direction sans/avec

`Outside` , la barre sera dessinée dans/en dehors de la plot box.

Autres paramètres de visualisation

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**

a) `view(az, el)` ou `view([az el])`
b) `view([xo yo zo])`
c) `view(2 | 3)`
d) `view(T)`
e) `[az,el]=view` ou `T=view`

Orientation de la vue 3D :
L'orientation par défaut d'une nouvelle figure 3D est : azimut=-37.5 et élévation=30 degrés sous MATLAB, et azimut=30 et élévation=30 degrés sous Octave/Gnuplot. Cette fonction changer cette orientation ou de relever les paramètres courant.
a) Sous cette forme (voir **figure** ci-dessous), la seule actuellement utilisable sous Octave/Gnuplot, on spécifie l'orientation de la vue 3D par l'**azimut** *az* (compté dans le plan XY depuis l'axe Y négatif, dans le sens inverse des aiguilles) et l'**élévation** verticale *el* (comptée verticalement depuis l'horizon XY, positivement vers le haut et négativement vers le bas), tous deux en **degrés**.
b) L'orientation de la vue 3D est ici spécifiée par un vecteur de coordonnées [*xo yo zo*] pointant vers l'observateur
c) `view(2)` signifie vue 2D, c'est à dire vue de dessus (selon l'axe -Z), donc équivalent à `view(0, 90)`
`view(3)` signifie vue 3D par défaut, donc équivalent à `view(-37.5, 30)`
d) Définit l'orientation à partir de la matrice 4x4 de transformation *T* calculée par la fonction `viewmtx`
e) Récupère les paramètres relatifs à l'orientation courante de la vue

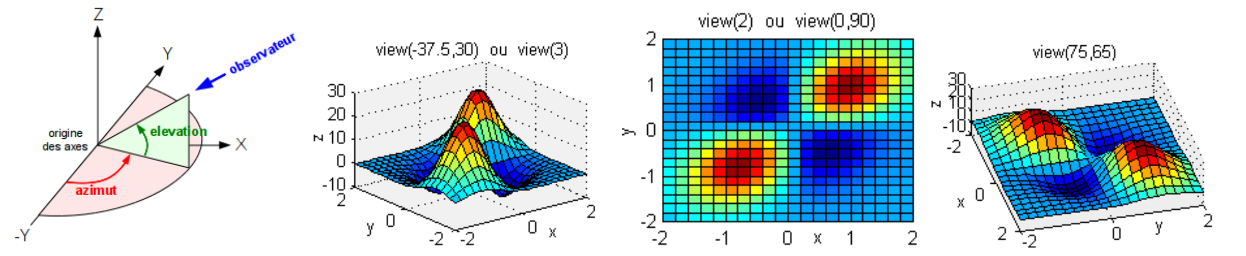
Ex: `view(0,0)` réalise une projection selon le plan XZ, et `view(90,0)` réalise une projection selon le plan YZ

`T = viewmtx(az, el {,phi {,[xc yc zc] } } )` (*view **matr**ix*)

Matrice de transformation perspective :
Sans changer l'orientation courante de la vue, calcule la matrice 4x4 de transformation perspective *T* sur la base de : l'azimut *az*, l'élévation *el*, l'angle *phi* de l'objectif (0=projection orthographique, 10 degrés=téléobjectif, 25 degrés=objectif normal, 60 degrée=grand angulaire...), et les coordonnées [*xc yc zc*] normalisées (valeurs 0 à 1) de la cible. On peut ensuite appliquer cette matrice *T* à la vue avec `view(T)`.

Sous MATLAB, on peut en outre faire usage de nombreuses autres fonctions de gestion de la "caméra" projetant la vue 3D dans l'espace écran/papier 2D :

- `cameramenu` : ajoute, à la fenêtre graphique, un menu "Camera" doté de nombreuses possibilités interactives : Mouse Mode et Mouse Constraint (effet de la souris), Scene Light (éclairer la scène), Scene Lighting (none, Flat, Gouraud, Phong), Scene Shading (Faceted, Flat, Interp), Scene Clipping, Render Options (Painter, Zbuffer, OpenGL), Remove Menu. Il est alors aussi possible de "lancer la scène en rotation" dans n'importe quelle direction.
- `campos`, `camtarget`, `camva`, `camup`, `camproj`, `camorbit`, `campan`, `camdolly`, `camroll`, `camlookat`



`shading('faceted | flat | interp')`

Méthode de rendu des couleurs :
Par défaut, les fonctions d'affichage de surfaces basées sur les primitives `surface` et `patch` (les fonctions `pcolor` et `surf` notamment) réalisent un rendu de couleurs non interpolé de type `'faceted'` (coloriage uniforme de chaque facette). Il existe en outre :
• le mode `'flat'`, qui est identique à `'faceted'` sauf que le trait de bordure noir des facettes n'est pas affiché
• le mode `'interp'`, qui réalise un lissage de couleurs par interpolation de **Gouraud**

Ex: voir plus haut les exemples `pcolor`, `surfc`, `surfl` et `caxis`	

handle = `light( { 'PropertyName', PropertyValue, ... } )`

Activation d'un éclairage :
Active un éclairage de la scène en définissant ses éventuelles propriétés (Position, Color, Style...). On désactive cet éclairage avec `lighting('none')`
Voir aussi la fonction `camlight`.

`lightangle(handle, az, el)`

Direction de l'éclairement :
Définition de l'azimut *az* et de l'élévation *el* de cet éclairage (selon même syntaxe que `view`).
Attention : si on ne passe pas l'argument *handle*, chaque fois que l'on passe cette commande une nouvelle source de lumière est créée !

`lighting('none | flat | gouraud | phong')`

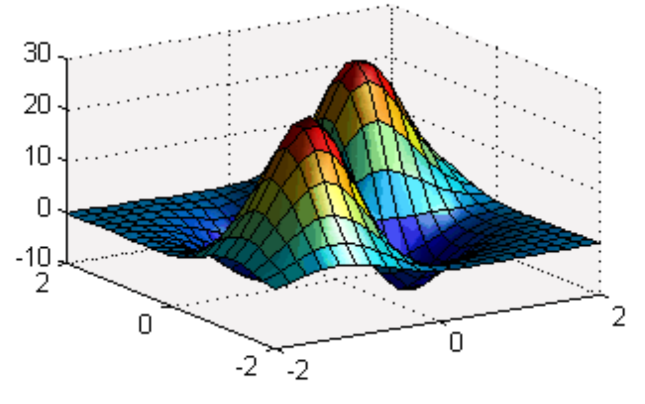
Méthode de rendu relative à l'éclairage :
Choix de l'algorithme de lissage des couleurs résultant de l'éclairage, allant du plus simple (`flat`) au plus élaboré (`gouraud`).

Les propriétés de **réflectance** des surfaces par rapport à la lumière peuvent être définie par la fonction `material('shiny' | 'dull' | 'metal' | [ka kd ks n sc]')`

Ex: (graphique ci-contre réalisé avec MATLAB)

Dans ce exemple interactif, on fait tourner une source lumineuse rasante (10 degrés d'élévation) autour de la scène.

```
surf(X,Y,Z)
axis([-2 2 -2 2 -10 30])

hlight= light;                 % activ. éclairage
 lighting('gouraud')            % type de rendu
for az=0:5:360
   lightangle(hlight,az,10)  % dir. éclairage
  pause(0.05)
end
```



6.4 Affichage et traitement d'images

MATLAB est également capable, ainsi qu'Octave depuis la version 3 (package octave-forge "image"), de **lire, écrire, afficher, traiter des images** dans les différents formats habituels (JPEG, PNG, TIFF, GIF, BMP...).

La présentation de ce domaine dépassant le cadre de ce cours, nous nous contentons d'énumérer ici les fonctions les plus importantes :

- attributs d'une image : `infos=imfinfo(file_name|URL)` , `imginfo` , `readexif` , `tiff_tag_read` ...
- lecture et écriture de fichiers-image : `[img,colormap,alpha]=imread(file_name)` , `imwrite(img, map, file_name, format...)`
- affichage d'image : `image(img)` , `imshow` , `imagesc` , `rgbplot` ...
- modifier le contraste d'une image : `contrast` ...
- transformations : `imresize` , `imrotate` , `imremap` (transformation géométrique), `imperspectivewarp` (perspective spatiale), `imtranslate` , `rotate_scale`
- conversion de modes d'encodage des couleurs : `rgb2ind` , `ind2rgb` , `hsv2rgb` , `rgb2hsv` , `gray2ind` , `ind2gray` ...
- et autres fonctions relatives à : contrôle de couleur, analyse, statistique, filtrage, fonctions spécifiques pour images noir-blanc ...

6.5 Sauvegarder et imprimer des graphiques

La commande `print` permet d'**imprimer** une fenêtre graphique (figure) ou de la **sauvegarder** sur un fichier dans un format spécifié (par exemple en vue de l'importer/incorporer à un document, alternative à la technique du copier/coller). La commande `saveas` permet également de sauvegarder une figure sur un fichier.

Rappelons encore ici la possibilité de reprendre une figure sous forme raster par copie d'écran, avec les outils du système d'exploitation (p.ex. `<alt-PrintScreen>` sous Windows qui copie l'image de la fenêtre courante dans le presse-papier).

a) `print({handle,} 'fichier', '-ddevice' {,option(s)})`
b) `print({handle,} {-Pimprimante} {,option(s)})`

a. La figure courante (ou spécifiée par *handle*) est **sauvegardée** sur le *fichier* spécifié, au format défini par le paramètre *device*. Sous Octave, il est nécessaire de spécifier l'extension dans le nom de *fichier*, alors que celle-ci est automatiquement ajoutée par MATLAB (sur la base du paramètre *device*).
Une alternative pour sauvegarder la figure consiste à utiliser le menu de fenêtre de figure : `File>Export` , `File>Save`

b. La figure courante (ou spécifiée par *handle*) est **imprimée** sur l'imprimante par défaut (voir `printopt`) ou l'*imprimante* spécifiée.
Une alternative pour imprimer la figure consiste à utiliser le menu de fenêtre de figure : `File>Print`

Paramètre *device* : valeurs possibles :
Remarque: sous Octave, il est possible d'omettre ce paramètre, le format étant alors déduit de l'extension du nom de fichier !

Vectorisé
`svg` : fichier SVG (Scalable Vector Graphics)
`pdf` : fichier Acrobat PDF
`meta` ou `emf` : sous Windows: copie la figure dans le presse-papier en format vectorisé avec preview (Microsoft Enhanced Metafile) ; sous Octave: génère fichier
`ill` : fichier au format Illustrator 88
`hpgl` : fichier au format HP-GL
Sous Octave, il existe encore différents formats liés à TeX/LaTeX (voir `help print`)

PostScript (vectorisé), nécessite de disposer d'une imprimante PostScript
`ps` , `psc` : fichier PostScript Level 1, respectivement noir-blanc ou couleur
`ps2` , `psc2` : fichier PostScript Level 2, respectivement noir-blanc ou couleur
`eps` , `epsc` : fichier PostScript Encapsulé (EPSF) Level 1, respectivement noir-blanc ou couleur
`eps2` , `epsc2` : fichier PostScript Encapsulé (EPSF) Level 2, respectivement noir-blanc ou couleur
Remarque: pour les fichiers `eps*` sous Octave, importés dans MS Office 2003 on voit le preview, alors qu'on ne le voit pas dans OpenOffice.org/LibreOffice 3.4

Raster
`png` : fichier PNG (Potable Network Graphics)
`jpeg` ou `jpegnn` ou `jpg` : fichier JPEG, avec niveau de qualité *nn*= 0 (la moins bonne) à 100 (la

meilleure)
M `tiff` : fichier TIFF
O `gif` : fichier GIF

Spécifique à MATLAB sous **Windows**
M `bitmap` : copie la figure dans le presse-papier Windows en format raster
M `setup` ou `-v` : affiche fenêtre de dialogue d'impression Windows
M `win` , `winc` : service d'impression Windows, respectivement noir-blanc ou couleur

Paramètre *options* : valeurs possibles :
`'-rnnn'` : définit la résolution *nnn* en points par pouce (implémenté sous Octave depuis version 3.2) ; par défaut 150dpi pour PNG
O `'-Sxsize,ysize'` : spécifie sous Octave, pour les formats PNG et SVG, la taille en pixels de l'image générée
O `'-portrait'` ou `'-landscape'` : dans le cas de l'impression seulement, utilise l'orientation spécifiée (par défaut portrait)
M `'-tiff'` : ajoute preview TIFF au fichier PostScript Encapsulé
M `'-append'` : ajoute la figure au fichier PostScript (donc n'écrase pas fichier)

`saveas(no_figure,'fichier' {,'format'} )`
`saveas(handle,'fichier' {,'format'} )`

Sauvegarde la figure *no_figure* (ou l'objet de graphique identifié par *handle*) sur le *fichier* spécifié et dans le *format* indiqué.
• les différents formats possibles correspondent grosso modo aux valeurs indiquées ci-dessus pour le paramètre *device* de la commande `print`
• si l'on omet le *format*, il est déduit de l'extension du nom du *fichier*
• si l'on omet l'extension dans le nom du *fichier*, elle sera automatiquement reprise du *format* spécifié

`orient portrait | landscape | tall`

Spécifie l'orientation du papier à l'impression (par défaut `portrait`) pour la figure courante.
Sans paramètre, cette commande indique l'orientation courante.
Le paramètre `tall` modifie l'aspect-ratio de la figure de façon qu'elle remplisse entièrement la page en orientation `portrait`.

M [*print_cmd*, *device*] = `printopt`

Cette commande retourne :
• *print_cmd* : la commande d'impression par défaut (sous Windows: COPY /B %s LPT1:) qui sera utilisée par `print` dans le cas où l'on ne sauvegarde pas l'image sur un fichier
• *device* : le périphérique d'impression (sous Windows: -dwin)
Pour modifier ces paramètres, il est nécessaire d'éditer le script MATLAB `printopt.m`

O `nb_polylines = dxfwrite('fichier', polyline1 {,polyline2 ...})`

Spécifique à Octave et implémentée dans le package "plot", cette fonction génère un *fichier* graphique au format AutoCAD **DXF** dans lequel sont graphées la(les) **courbe(s)** *polyline1*, *polyline2*... Ces courbes sont exprimées sous forme de tableaux à 2 colonnes (X/Y) ou 3 colonnes (X/Y/Z). On récupère sur la variable *nb_polylines* le nombre de courbes tracées.

6.6 Handle Graphics

Les graphiques MATLAB/Octave sont constitués d'**objets** (systèmes d'axes, lignes, surfaces, textes...). Chaque objet est identifié par un **handle** auquel sont associés différents **attributs** (properties, propriétés). En modifiant ces attributs, on peut agir très finement sur l'apparence du graphique, voire même l'animer !

Ces objets sont organisés selon une **hérarchie** qui s'établit généralement ainsi (voir l'attribut `type` de ces handles) :

- `root` (handle= `0`) : sommet de la hiérarchie, correspondant à l'écran de l'ordinateur
  - `figure` (handle= *numero_figure*) : fenêtre de graphique, ou encore fenêtre d'interface utilisateur graphique sous MATLAB
    - `axes` : système(s) d'axes dans la figure (ex: `plot` possède 1 système d'axes, alors que `plotyy` en possède 2)
      - `line` : ligne (produite par les fonctions telles que plot, plot3...)
      - `surface` : représentation 3D d'une matrice de valeurs Z (produite pas les fonctions telles que mesh, surf...)
      - `patch` : polygone rempli
      - `text` : chaîne de caractère

Cette hiérarchie d'objets transparaît lorsque l'on examine comment les handles sont reliés entre eux :

- l'attribut `parent` d'un handle fournit le handle de l'objet de niveau supérieur (objet parent)
- l'attribut `children` d'un handle fournit le(s) handle(s) du(des) objet(s) enfant(s)

On est donc en présence d'une "arborescence" de handles (qui pourraient être assimilés aux *branches* d'un arbre) et d'attributs ou propriétés (qui seraient les *feuilles* au bout de ces *branches*). Chaque **attribut** porte un nom explicite qui est une chaîne de caractère **non case-sensitive**.

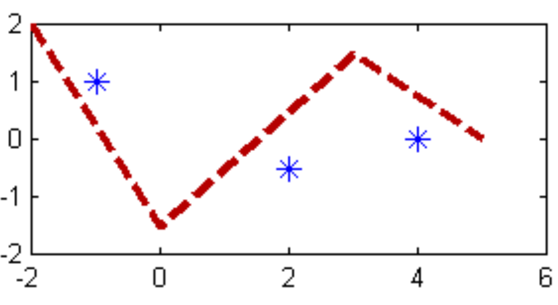
Notez finalement que sous Octave les handles sont implémentés depuis la version 2.9/3, mais que les propriétés de handles sont bien prises en charge sous le backend **FLTK** (donc depuis **Octave 3.4**).

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**
A) **Récupérer un handle** : `handle_objet = fonction_graphique(...)` Trace l'objet spécifié par la ***fonction_graphique***, et retourne le *handle_objet* correspondant (qui, selon l'objet, sera un scalaire ou un vecteur de handles). `handle_axes = gca` (***g**et **c**urrent **a**xis*) Retourne le *handle_axes* du **système d'axes** du graphique courant. Si aucun graphique n'existe, dessine un système d'axes (en ouvrant une fenêtre de figure si aucune figure n'existe). `handle_figure = gcf` (***g**et **c**urrent **f**igure*) Retourne le *handle_figure* de la **figure** courante. Ce handle est identique au numéro de la figure ! Si aucune fenêtre de figure n'existe, ouvre une nouvelle figure vierge (exactement comme le ferait la fonction `figure`).	
B) **Afficher ou récupérer les attributs (propriétés) relatifs à un handle** : a) `get(handle)` b) *var* = `get(handle, 'PropertyName')` c) *structure* = `get(handle)` **a)** Affiche à l'écran les valeurs courantes des différents attributs (propriétés) de l'objet spécifié par son *handle*. **b)** Récupère sur *var* la valeur (*PropertyValue*) courante correspondant à l'attribut *PropertyName* spécifié. **c)** Récupère sur une *structure* les valeurs courantes des différents attributs (propriétés) de l'objet spécifié par son *handle*.	
C) **Modifier les attributs (propriétés) relatifs à un handle** : `set(handle, 'PropertyName', PropertyValue, 'PropertyName', PropertyValue, ...)` Modifie des attributs (propriétés) spécifiées de l'objet désigné par son *handle*. Le nom *PropertyName* des attributs n'est pas case-sensitive. Il est toujours spécifié en tant que chaîne de caractères (entre apostrophes). Les valeurs *PropertyValue* des attributs peuvent être de différents types, selon le type d'attribut (nombre, chaîne, tableau...).	

Ex 1 : Graphique ci-contre réalisé avec MATLAB ou Octave/FLTK.
Sous Octave/Gnuplot, la seule différence est qu'on a une ligne continue

L'exemple ci-dessous illustre un cas simple d'utilisation des handles pour **formater** un graphique.

```
x1=[-2 0 3 5]; y1=[2 -1.5 1.5 0];
x2=[-1 2 4];   y2=[1 -0.5 0];

h1= plot(x1,y1);      % ligne, récup. handle
get(h1)    % affiche les attributs de la courbe
hold('on');
h2= plot(x2,y2,'o'); % symboles, récup. handle
get(h2)    % affiche attributs du semis points

get(h1,'parent')
get(h2,'parent')
gca      % on voit que h1 et h2 ont même 'parent'
        % qui est le système d'axes !
get(gca,'parent')
gcf      % 'parent' du système d'axe est la fig. !
get(gcf,'parent')  % parent fig. est l'écran !
get(0)  % affiche les attributs de l'écran

set(h1,'linewidth',3,'color',[0.7 0 0], ...
       'linestyle','--');  % def. "vraie couleur"
set(h2,'marker','*','markersize',10);
```

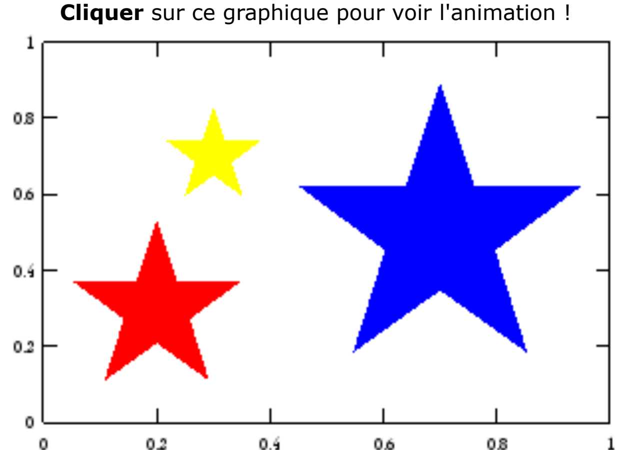


Ex 2 : Animation ci-contre réalisée avec MATLAB ou Octave/FLTK.

L'exemple ci-dessous illustre une possibilité d'**animation** basée sur les handles : on joue ici sur la taille des symboles affichés... mais on pourrait jouer sur les données X/Y

```
dmax=[90 50 150];    % dim. max étoiles
h =scatter([.2 .3 .7], [.3 .7 .5], dmax, ...
   [1 0 0; 1 1 0; 0 0 1],'p','filled'); % aff. étoiles
axis([0 1 0 1])
get(h)           % affiche les attributs

frames=500;     % nombre d'images de l'animation
duree_max=5;    % durée max. de l'animation [sec]
osc=[8 15 3];   % périodes d'oscillations 3 étoiles

for k=1:frames
  for n=1:3     % numéro de l'étoile
    dims(n)= dmax(n)*  (sin(2*pi*k*osc(n)/frames)+1);
  end
   set(h,'sizedata',dims);
  pause(duree_max/frames)  % temporiser animation
end
```

Cliquer sur ce graphique pour voir l'animation !



Remarque: cette animation a été capturée avec le logiciel libre CamStudio,
puis convertie avi->gif-animé (pour affichage dans navigateur web)

Définir les propriétés d'un objet directement lors du dessin (sans passer par son handle) :

`fonction_graphique (param. habituels... , 'PropertyName', PropertyValue, 'PropertyName', PropertyValue, ...)`

Certaines fonctions de dessin (mais pas toutes !) permettent de spécifier les propriétés graphiques de l'objet directement lors de l'appel à la fonction, à la suite des paramètres habituels.

Ex 3: Le code ci-dessous produit exactement la même figure que celle de l' **Ex 1** ci-dessus

```
x1=[-2 0 3 5]; y1=[2 -1.5 1.5 0];
x2=[-1 2 4];   y2=[1 -0.5 0];

plot(x1,y1, 'linewidth',3,'color',[0.7 0 0], ...
            'linestyle','--' );
hold('on');
plot(x2,y2, 'marker','*','markersize',10, ...
            'linestyle','none' );
```

Et Octave serait même capable de réunir ces 2 plots en un seul ! ☒ Bug MATLAB ?

6.7 Animations et movies

Certaines **fonctions de base** MATLAB et Octave permettent de réaliser des **animations interactives**. On a vu, par exemple, la fonction `view` de rotation d'une vue 3D par déplacement de l'observateur, et l'on présente ci-après des fonctions de graphiques animés (`comet` ...). Mais de façon plus générale, l'animation passe par l'exploitation des "**handles graphics**" (changer interactivement les attributs graphiques, la visibilité, voire les données elles-mêmes...).

On souhaite parfois aussi sauvegarder une animation sur un fichier indépendant de MATLAB/Octave ("**movie**" stand-alone dans un format vidéo standard), par exemple pour l'intégrer dans une présentation (OpenOffice.org/LibreOffice Impress, MS PowerPoint...).

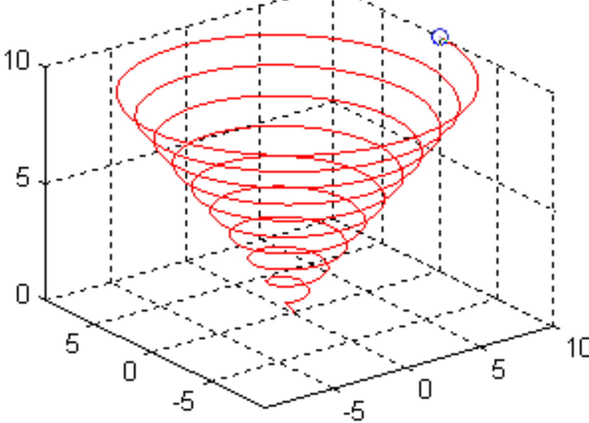
6.7.1 Graphiques animés, ou fonctions d'animation de graphiques

Graphiques de type "comète"

Propre à MATLAB et simple à mettre en oeuvre, cette technique permet de tracer une courbe 2D ou 3D sous forme d'animation pour "visualiser" une trajectoire. Cela peut être très utile pour bien "comprendre" une courbe dont l'affichage est relativement complexe (enchevêtrement de lignes) en l'affichant de manière progressive, à l'image d'une "**comète**" laissant une trace derrière elle (la courbe).

A titre d'exemple, voyez vous-même la différence en affichant la courbe 3D suivante, successivement avec `plot3` puis `comet3` :
`z= -10*pi:pi/250:10*pi; x= (cos(2*z).^2).*sin(z); y= (sin(2*z).^2).*cos(z);`

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**
a) `comet( {x,} y {,p} )` b) `comet3( {x, y,} z {,p} )` Trace la courbe définie par les vecteurs *x*, *y* et *z* à l'aide d'une comète dont la queue a une taille de *p**length(y), *p* étant un scalaire compris entre 0.0 et 1.0 (valeur par défaut 0.1 s'il n'est pas spécifié). **a)** La courbe est tracée dans un **graphique 2D**. Si *x* n'est pas spécifié, cette fonction utilise en *x* les indices du vecteur *y* (c'est-à-dire les valeurs 1 à length(*y*)). **b)** La courbe est tracée dans un **graphique 3D**	

Ex:
`nb_points=200; % définir en fct vitesse processeur`
`nb_tours=10;`
 	
`angle=linspace(0,nb_tours*2*pi,nb_points);`
`z=linspace(0,10,nb_points);`
`x=z.*cos(angle);`
`y=z.*sin(angle);`
 	
`comet3(x,y,z,0.1)  % affichage progressif courbe !`
 	
`grid('on')`
	Cliquer sur ce graphique pour voir l'animation !
	
	Remarque: cette animation a été capturée avec le logiciel libre CamStudio, puis convertie avi->gif-animé (pour affichage dans navigateur web)

6.7.2 Animations de type "movie"

Réaliser une animation sous MATLAB/Octave consiste à assembler une séquence d'images dans un fichier vidéo.

a) Technique basée 'getframe/movie' sous MATLAB

Une animation de type "movie" s'élabore, sous MATLAB, de la façon suivante :

1. le script génère, de façon itérative, autant d'images (graphiques) que nécessaire pour constituer une animation fluide

2. à chaque itération, le graphique courant (la figure) est "capturé" en tant que "frame" (pixmap) via la fonction `getframe` , et accumulé sur une immense "matrice-movie"
3. une fois tous les frames capturés, l'animation peut directement être jouée (depuis le script ou en mode commande) en parcourant la "matrice-movie" avec la fonction `movie` ; pour être visualisée indépendemment de MATLAB, l'animation peut être sauvegardée sous forme de fichier-vidéo à l'aide des fonctions `movie2avi` (au format Windows AVI) ou `qtwrite` (au format QuickTime)

Fonction et description	
Exemple	**Illustration**
a) *mov_mat*(*k*) = `getframe` b) *mov_mat*(*k*) = `getframe(handle {,rect} )` **"Capture" de l'image de la figure courante sous forme de "frame"** : Capture, sous forme de "movie-frame", de l'image de la figure courante, et enregistrement comme *k*-ème élément de la matrice-movie *mov_mat*. Tous les frames saisis doivent avoir la même dimension (largeur x hauteur), raison pour laquelle il ne pas modifier la taille de la fenêtre graphique au cours de l'élaboration de l'animation ! Dans la forme **b)**, on spécifie le *handle* de la figure et l'on peut définir, par le vecteur *rect* de forme [*gauche bas largeur hauteur*], une portion de l'image (unités en pixels). Il est important de noter que cette capture s'effectue au niveau **raster** ("pixmap"), et que la **taille-mémoire** occupée par le frame (et la matrice-frame) sera proportionelle à la surface (carré des dimensions) de la fenêtre de figure. La dimension originale de la fenêtre graphique dans laquelle s'élabore l'animation a donc beaucoup d'importance sur la quantité de mémoire-vive nécessaire pour l'élaboration du movie, de même que sur la qualité d'affichage ultérieure de l'animation (=> importance de trouver un bon compromis !). **Remarques** par rapport à d'anciennes versions de MATLAB : • depuis MATLAB 5.3, il n'est plus nécessaire de préallouer l'espace-mémoire nécessaire pour la matrice-movie avec la fonction `moviein` (fonction qui devient donc inutile) • la fonction `getframe` remplace, depuis MATLAB 5.3, l'ancienne fonction `capture` (fonction qui est donc obsolète)	
`movie(mov_mat {, n {, fps } }` **Visualisation de movie depuis MATLAB** : Joue l'animation préalablement élaborée dans la matrice-movie *mov_mat*. L'animation sera jouée *n* fois (par défaut 1x), à la cadence de *fps* frames par seconde (par défaut 12 frames/sec). Il est possible de spécifier avec un vecteur *n* le numéro des frames à jouer.	
a) `movie2avi(mov_mat, 'filename' {, param, value} )` b) `qtwrite(mov_mat, colormap, 'filename')` **Sauvegarde d'une animation MATLAB sous forme de fichier vidéo indépendant** : **a)** Sauvegarde l'animation *mov_mat* sur un fichier-vidéo au format Windows AVI (Audio Video Interleaved). Parmi les paramètres possibles (voir l'aide), on peut notamment spécifier une table de couleur, le type de compression (codec), le nombre de frames par secondes, la qualité... La fonction inverse d'importation `aviread` permettrait de lire un fichier AVI sur une matrice-movie. **b)** Disponible uniquement sur Macintosh et nécessitant QuickTime, cette fonction sauvegarde l'animation *mov_mat* sur un fichier-vidéo au format QuickTime, en utilisant la table de couleurs *colormap*. **Remarques** : • Comme alternative à ces fonctions d'exportation de movie, on pourrait **sauvegarder sur disque** chaque frame sous forme de **fichier-image** avec les 2 instructions `[img]=frame2im(mov_mat(k));` (voir description de cette fonction ci-dessous) et `imwrite(img, ['image-' num2str(n+100) '.jpg'], 'jpg');` , puis assembler les différents fichiers-image `image-numéro.jpg` ainsi produits en une animation (MPEG, QuickTime, GIF-animé, AVI...) avec l'un des nombreux utilitaires existant (commerciaux, tel que Animation Shop 3, ou gratuits...). • Il est bien clair qu'une animation MATLAB peut aussi être sauvegardée, au niveau de sa "matrice-movie" *mov_mat*, sous forme d'un **fichier de workspace** (commande `save mat-file mov_mat`), puis être rechargée dans une session MATLAB ultérieure (avec `load mat-file`) et directement jouée (avec `movie(mov_mat)`) ; mais cette façon de procéder n'est pas efficace car la place mémoire/disque utilisée par la variable *mov_mat* est très importante (pas de compression) ; mieux vaut donc utiliser les formats vidéo classiques.	
a) *mov_mat*(*k*) = `im2frame(img {,colormap} )` b) [*img* {,*colormap*}] = `frame2im(mov_mat(k))` **Conversion image <-> frame** : **a)** Conversion d'une image *img* en un frame de movie *mov_mat*(*k*), en utilisant la table de couleur courante	

ou la *colormap* spécifiée
b) et vice-versa

Ex : ici avec MATLAB

```
nb_frames=50;          % nb frames animation
x=0:0.2:2*pi;  y=x;    % plage de valeurs en X et Y
[Xm,Ym]=meshgrid(x,y); % matrices grille X/Y

for n=1:nb_frames;
  z=cos(Xm).*sin(Ym).*sin(2*pi*n/nb_frames);
   surf(x,y,z)                  % aff. n-ième image
  view(45+(360*n/nb_frames), 30) % chang. azimut vue
  axis([0 2*pi 0 2*pi -1 1])     % cadrage axes
  axis('off')
   mov_mat(n)=getframe;  % capture/enregistr. frame
end

 movie(mov_mat,2)        % jouer 2x l'animation
```

Cliquer sur ce graphique pour voir l'animation !

Remarque: cette animation a été capturée avec le logiciel libre CamStudio, puis convertie avi->gif-animé (pour affichage dans navigateur web)

b) Technique basée 'avifile' ou fichiers-image, sous MATLAB ou Octave

Avec MATLAB ou Octave, on peut également fabriquer une **vidéo standard** à l'aide des fonctions suivantes (implémentées dans le package "vidéo" sous Octave) :

- ouverture/création du fichier vidéo : `file_id = avifile(file_name, ...)`
- insertion des image (frames) dans le fichier-vidéo : `addframe(file_id, image)`
- les fonctions `aviinfo(file_name)` et `aviread(file_name, frame_no)` peuvent en outre être utiles

On présente ci-dessous 3 implémentations possibles : MATLAB, Octave Windows, Octave Linux.

Implémentation MATLAB (sous Windows ou Linux)

```
% Création/ouverture du fichier vidéo, ouverture fenêtre figure vide
   fich_avi = avifile('animation.avi','compression','Cinepak')  % sous Windows
   % fich_avi = avifile('animation.avi','compression','none')   % sous Linux
   fig=figure;

% Paramètres du graphique
   nb_frames=50;          % nb frames animation
   x=0:0.2:2*pi;  y=x;    % plage de valeurs en X et Y
   [Xm,Ym]=meshgrid(x,y); % matrices grille X/Y

% Boucle de dessin des frames et insertion dans la vidéo
   for n=1:nb_frames;
     z=cos(Xm).*sin(Ym).*sin(2*pi*n/nb_frames);
     surf(x,y,z)                   % affichage n-ième image
     azimut=mod(45+(360*n/nb_frames),360);  % azimut modulo 360 degrés
     view(azimut, 30)              % changement azimut vue
     axis([0 2*pi 0 2*pi -1 1])    % cadrage axes
     axis('off')
     img_frame = getframe(fig);     % récupération frame
     fich_avi = addframe(fich_avi, img_frame); % insertion frame
   end

% Fermeture fichier vidéo et fenêtre figure
   status=close(fich_avi)
   close(fig)
   disp('La video est creee !')
```

Implémentation Octave sous Windows

La fonction **M** `getframe` n'existant pas (encore) sous Octave 3.4, comme artifice on passe par une écriture temporaire des frames sur fichiers-disque. Par rapport à la solution MATLAB ci-dessus, le paramètre `'-rdpi'` (de la commande `print` de sauvegarde des frames) nous permet ici de diminuer la résolution (donc la taille) de la vidéo.

```
% Création/ouverture du fichier vidéo, ouverture fenêtre figure vide
   fich_avi = avifile('animation.avi','compression','msmpeg4v2')  % sous Windows
     % faire   avifile('codecs')   pour liste des codecs utilisables
   fig=figure;     % ouverture fenêtre figure vide
```

```
% Création sous-répertoire dans lequel on va enregistrer fichiers frames
   mkdir('frames');

% Paramètres du graphique
   nb_frames=50;          % nb frames animation
   x=0:0.2:2*pi;  y=x;    % plage de valeurs en X et Y
   [Xm,Ym]=meshgrid(x,y); % matrices grille X/Y

% Boucle de dessin des frames et insertion dans la vidéo
   for n=1:nb_frames;
     z=cos(Xm).*sin(Ym).*sin(2*pi*n/nb_frames);
     surf(x,y,z)                    % affichage n-ième image
     azimut=mod(45+(360*n/nb_frames),360);  % azimut modulo 360 degrés
     view(azimut, 30)               % changement azimut vue
     axis([0 2*pi 0 2*pi -1 1])     % cadrage axes
     axis('off')

     fprintf('%d ',n)     % indicateur de progression
     print('-dpng','-r80',sprintf('frames/frame-%04d.png',n))
        % sauvegarde frame sur fichier raster PNG, en résol. 80 dpi
     pause(0.1)   % sinon, risque que le fichier ne soit pas prêt pour lecture
     img_frame = imread(sprintf('frames/frame-%04d.png',n));
        % lecture image à partir fichier
        % => tableau de dim. HxLx3 d'entiers non signés de type uint8 (1 octet)
     img_frame = single(img_frame)/255 ;
        % normalisation des valeurs: uint8 [0 à 255] -> real-single [0 à 1]
     addframe(fich_avi, img_frame);    % ajout frame à la vidéo
   end

% Fermeture fichier vidéo et fenêtre figure
   clear fich_avi   % ce n'est, bizarrement, pas close qu'il faut utiliser !
   close(fig)
   disp('La video est assemblee, le dossier ''frames'' peut etre detruit !')
```

Implémentation Octave sous Linux

Pour assembler les fichiers-images en une vidéo, on illustre ici l'utilisation efficace sous Linux de l'outil en mode-commande **`ffmpeg`** . On n'a donc, dans ce cas, pas besoin des fonctions **`avifile`** et **`addframe`** présentées plus haut !

```
% Ouverture fenêtre figure vide
   fig=figure;     % ouverture fenêtre figure vide

% Création sous-répertoire dans lequel on va enregistrer fichiers frames
   mkdir('frames');

% Paramètres du graphique
   nb_frames=50;          % nb frames animation
   x=0:0.2:2*pi;  y=x;    % plage de valeurs en X et Y
   [Xm,Ym]=meshgrid(x,y); % matrices grille X/Y

% Boucle de dessin des frames et sauvegarde sur disque
   for n=1:nb_frames;
     z=cos(Xm).*sin(Ym).*sin(2*pi*n/nb_frames);
     surf(x,y,z)                    % affichage n-ième image
     azimut=mod(45+(360*n/nb_frames),360);  % azimut modulo 360 degrés
     view(azimut, 30)               % changement azimut vue
     axis([0 2*pi 0 2*pi -1 1])     % cadrage axes
     axis('off')

     fprintf('%d ',n)     % indicateur de progression
     print('-dpng','-r80',sprintf('frames/frame-%04d.png',n))
       % sauvegarde frame sur fichier raster PNG, en résol. 80 dpi
   end

% Fermeture fenêtre figure
   close(fig)

% Assemblage de la vidéo (par outil Linux et non pas Octave)
   system('ffmpeg -f image2 -i frames/frame-%04d.png -vcodec mpeg4 animation.mp4');
   disp(''); bidon=input('Frames generes ; frapper <enter> pour assembler la video');
     % sous Ubuntu nécessite package "ffmpeg"
     % puis package "gstreamer0.10-ffmpeg" pour visualiser vidéo sous Totem
   disp('La video est assemblee, le dossier ''frames'' peut etre detruit !')
```

6.7.3 Animations basées sur l'utilisation des "handles graphics"

Basée sur les "handles graphics", l'animations de graphiques est plus complexe à maîtriser, mais c'est aussi la plus

polyvalente et la plus puissante. Elle consiste, une fois un objet graphique dessiné, à utiliser ses "handles" pour en **modifier les propriétés** (généralement les valeurs `'xdata'` et `'ydata'` ...) avec la commande MATLAB/Octave `set(handle, 'PropertyName', PropertyValue, ...)`. En **redessinant** l'objet après chaque modification de propriétés, on anime ainsi interactivement le graphique.

La commande M `rotate`, qui permet de faire tourner un objet graphique désigné par son handle, peut également être utile dans le cadre d'animations.

6.7.4 Animations basées sur le changement des données de graphique ("refreshdata")

La technique ci-dessous s'appuie aussi sur les "handles graphics".

<table>
<tr><th colspan="2">Fonction et description</th></tr>
<tr><th>Exemple</th><th>Illustration</th></tr>
<tr><td colspan="2"><code>refreshdata({handle})</code>
Cette fonction évalue les propriétés <code>'XDataSource'</code>, <code>'YDataSource'</code> et <code>'ZDataSource'</code> de la figure courante ou de l'objet spécifié par handle, et met à jour la figure si les données correspondantes ont changé</td></tr>
<tr><td>Ex:<pre>x_max = 10; nb_frames = 100;
x_interv = x_max/nb_frames;

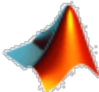
x = 0:x_interv:x_max;
y = sin(x);
plot(x, y, 'YDataSource', 'y');

axis([0 x_max -1 1]);

for k = 1:nb_frames
  pause(0.1)
  y = sin(x + x_interv*k) * (nb_frames-k)/nb_frames ;
   refreshdata ();
end</pre></td><td>Cliquer sur ce graphique pour voir l'animation !

Remarque: cette animation a été capturée avec le logiciel libre CamStudio, puis convertie avi->gif-animé (pour affichage dans navigateur web)</td></tr>
</table>

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 24-09-2012



7. Programmation : interaction, structures de contrôle, scripts, fonctions, entrées-sorties

7.1 Généralités

Les "**M-files**" sont des fichiers au format texte (donc "lisibles") contenant des instructions MATLAB/Octave et portant l'extension ***.m**. On a vu la commande `diary` (chapitre "**Workspace**") permettant d'enregistrer un "journal de session" qui, mis à part l'output des commandes, pourrait être considéré comme un M-file. Mais la manièe la plus efficace de créer des M-files (c'est-à-dire "programmer" en langage MATLAB/Octave) consiste bien entendu à utiliser un **éditeur** de texte ou de programmation.

On distingue deux types de M-files : les **scripts** (ou programmes MATLAB) et les **fonctions**. Les scripts travaillent dans le workspace, et toutes les variables créées/modifiées lors de l'exécution d'un script sont donc visibles dans le workspace et accessibles ensuite interactivement ou par d'autres scripts. Les fonctions, quant à elles, n'interagissent avec le workspace qu'à travers leurs "paramètres" d'entrée/sortie, les autres variables manipulées restant internes (locales) à ces fonctions.

MATLAB/Octave est un langage **interprété** (comme les langages Perl, Python, Ruby, PHP, les shell Unix...). Les M-files (scripts ou fonctions) sont directement exécutables, donc n'ont pas besoin d'être préalablement compilés avant d'être utilisés (comme c'est le cas des langage classiquess C/C++, Fortran, Java...).

MATLAB et Octave étant de véritables progiciels, le **langage** MATLAB/Octave est d'assez haut niveau et offre toutes les facilités classiques permettant de développer rapidement des applications interactives évoluées (voir la liste des fonctions orientées programmation sous M `helpwin lang`). Nous décrivons ci-dessous les princiales possibilités de ce langage dans les domaines suivants :

- interaction avec l'utilisateur (affichage, saisie clavier...)
- structures de contrôle (boucles, tests...)
- élaboration de scripts et fonctions
- commandes d'entrées-sorties (gestion de fichiers)
- développement d'interfaces utilisateur graphiques (GUI)

7.2 Éditeur et debugger

Les M-files étant des fichiers-texte, il est possible de les créer et les éditer avec n'importe quel **éditeur de texte/programmation** de votre choix. Idéalement, il devrait notamment offrir des fonctionnalités d'**indentation** automatique, de **coloriage syntaxique**...

7.2.1 Commandes relatives à l'édition

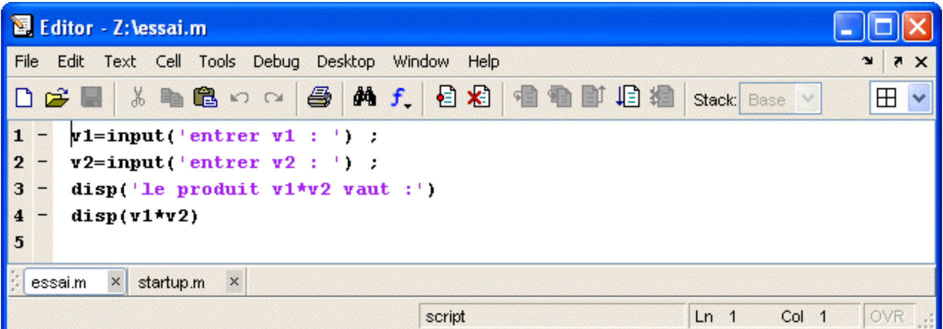
Pour **lancer l'éditeur**, depuis la fenêtre de commande MATLAB/Octave, afin de **créer ou éditer** un M-file :

`edit` , ou menu M `File>New>M-File` , ou bouton M `[New M-File]` de la barre d'outils MATLAB
  Lance l'éditeur/debugger MATLAB, respectivement l'éditeur défini sous Octave avec la fonction built-in O `EDITOR` (voir ci-dessous). On se trouve alors avec une fenêtre d'édition de fichier vide.

`edit` *`M-file`* , ou M `open` *`M-file`* , ou menu M `File>Open` , ou bouton M `[Open file]` de la barre d'outils MATLAB
`<double-clic>` sur l'icône d'un M-file dans votre explorateur de fichiers
  Lance l'éditeur et ouvre le fichier *M-file* spécifié

7.2.2 Éditeur/debugger MATLAB

MATLAB est doté de son propre éditeur (voir illustration ci-dessous) qui offre également des possibilités de debugging.



Éditeur/debugger MATLAB 7

Avec l'éditeur intégré à MATLAB :

- si vous désirez **indenter** à droite ou à gauche un ensemble de ligne, sélectionnez-les et faites `Edit>Increase Indent` (ou `<ctrl-]>`), respectivement `Edit>Decrease Indent` (ou `<ctrl-[>`)
- si vous souhaitez **commenter/décommenter** un ensemble de lignes de code (c'est-à-dire ajouter/enlever devant celles-ci le caractère `%`), sélectionnez-les et faites `Text>Comment` (ou `<ctrl-R>`), respectivement `Text>Uncomment` (ou `<ctrl-T>`)

7.2.3 Éditeurs pour GNU Octave

Conçu de façon modulaire, Octave n'embarque pas d'éditeur mais s'appuie sur les éditeurs de programmation existant. La situation dépend du système d'exploitation (voir notre chapitre "**Installation/configuration GNU Octave**") :

- sous Windows : la distribution GNU Octave MinGW intègre l'éditeur **Notepad++** (anciennement, c'était **Scintilla SciTE**), mais d'autres bons éditeurs de programmation font aussi l'affaire, tels que : **ConTEXT**, **cPad**...
- sous Linux : parmi les outils de base, on pourra utiliser **Gedit** ou **Geany** sous GNOME, **Kate** sous KDE...
- sous MacOS X : nous recommandons **TextWrangler**

Lorsque l'on utilise Octave depuis un front-end graphique, celui-ci intègre généralement un éditeur. C'est notamment le cas de **QtOctave**. Dans un environnement de développement complet, tel que **FreeMat**, l'éditeur offre même des possibilités de debugging.

On spécifie quel **éditeur** doit être utilisé par **Octave** (lorsque l'on passe la commande `edit`) avec la fonction built-in `EDITOR('path_editeur')`, que l'on intègre généralement dans son prologue `.octaverc`

Ex: Le morceau de script multi-plateforme ci-dessous teste sur quelle plateforme on se trouve et redéfinit ici "Gedit" comme éditeur par défaut dans le cas où l'on est sous Linux :

```
if ~isempty(findstr(computer,'linux'))
  EDITOR('gedit')         % définition de l'éditeur par défaut
  edit('mode','async')    % passer la commande "edit" de façon détachée
else
  % on n'est pas sous Linux, ne rien faire de particulier
end
```

Système	Éditeur conseillé	Définition de l'éditeur (pour prologue `.octaverc`)	Indenter à droite, désindenter à gauche	Commenter, décommenter

Windows	Notepad++	`EDITOR('path\\notepad++.exe')`	`Edit>Indent>Increase`...
			(ou `<tab>`)
			`Edit>Indent>Decrease`...
			(ou `<maj-tab>`)
				`Edit>Comment/Uncom.>`
				`Toggle Block Comment`
				(ou `<ctrl-Q>`)

Linux	Gedit (GNOME)	`EDITOR('gedit')`	`<tab>`
			`<maj-tab>`
				`Edit>Comment Code`
				(ou `<ctrl-M>`)
				`Edit>Uncomment Code`
				(ou `<ctrl-maj-M>`)
				(voir cependant ci-dessous)

MacOS X	TextWrangler	`EDITOR('edit')`	`Text>Shift Right` (ou `<cmd-]>`) `Text>Shift Left` (ou `<cmd-[>`)	Il s'agit d'élaborer un "script TextWrangler"...

Éditeur libre Notepad++ sous Windows

Conseils relatifs à l'éditeur Gedit sous Linux

En premier lieu, enrichissez votre éditeur **Gedit** par un jeu de "**plugins**" supplémentaires déjà packagés :

- pour ce faire, sous Linux Ubuntu, installez le paquet "gedit-plugins" (en passant la commande : `sudo apt-get install gedit-plugins`)
- vous activerez ci-dessous les plugins utiles, depuis Gedit, via `Edit>Preferences` , puis dans l'onglet " `Plugins` "
- certains de ces plugins peuvent ensuite être configurés via le bouton `[Configure Plugin]`

Activation du **coloriage syntaxique** :

- sous Gedit, via `View>Highlight Mode>Scientific>Octave` (ou via le menu déroulant de langage dans la barre de statut de Gedit)
- activation de la mise en évidence des parenthèses, crochets et acollades : via `Edit>Preferences` , puis dans l'onglet "View" avtiver "Highlight matching brackets"

Affichage des **numéros de lignes** : via `Edit>Preferences` , puis dans l'onglet "View" activer "Display line numbers"

Pour pouvoir **mettre en commentaire** un ensemble de lignes sélectionnées :

- d'abord activer le plugin "Code comment"
- on peut dès lors utiliser, dans le menu `Edit` , les commandes " `Comment code` " (raccourci **<ctrl-M>**) et " `Uncomment code` " (**<ctrl-maj-M>**)

Fermeture automatique des **parenthèses, crochets, acollades, apostrophes** ... : en activant simplement le plugin "Bracket Completion"

Affichage des **caractères spéciaux** <tab>, <espace> ... : en activant (et configurant) le plugin "Draw Spaces"

Pour **automatiser certaines insertions** (p.ex. structures de contrôles...) :

- activer le plugin "Snippets"
- puis, pour par exemple faire en sorte que si vous frappez **if<tab>** cela insère automatiquement l'ensemble de lignes suivantes :

```
if <espace>
  <tab>
else
  <tab>
end
```

définissez avec `Tools>Manage Snippets` , dans la catégorie "Octave", avec le bouton `[+]` (Create new snippet), un snippet nommé `if` avec les attributs :
- tab trigger : `if`
- dans le champ Edit : le code à insérer figurant ci-dessus
- shortcut key (facultatif) : associez-y un raccourci clavier

Et réalisez ainsi d'autres snippets, par exemples pour les structures : for-end, while-end, do-until, switch-case...

7.3 Interaction avec l'utilisateur, debugging de base, profiling

Pour être en mesure de développer des scripts MATLAB/Octave interactifs (affichage de messages, introduction de données au clavier...) et les "debugger", MATLAB et Octave offrent un certain nombre de commandes utiles décrites dans ce chapitre.

7.3.1 Affichage de texte et de variables

`disp(variable)`
`disp('chaîne')`

Affiche la *variable* ou la *chaîne* de caractère spécifiée. Avec cette commande, et par opposition au fait de frapper simplement `variable`, seul le contenu de la variable est affiché et pas son nom. Les nombres sont formatés conformément à ce qui a été défini avec la commande `format` (présentée au chapitre "**Fenêtre de commande**").

Ex: les commandes `M=[1 2;3 5] ; disp('La matrice M vaut :') , disp(M)` produisent l'affichage du texte "La matrice M vaut :" sur une ligne, puis celui des valeurs de la matrice M sur les lignes suivantes

{*count*=} `fprintf('format',variable(s))`
{*count*=} `printf('format',variable(s))`

Affiche, de façon formatée, la(les) *variable(s)* spécifiées (et retourne facultativement le nombre *count* de caractères affichés). Cette fonction ainsi que la syntaxe du `format`, repris du langage de programmation C, sont décrits en détails au chapitre "**Entrées-sorties**".
L'avantage de cette méthode d'affichage, par rapport à `disp`, est que l'on peut afficher plusieurs variables, agir sur le formatage des nombres (nombre de chiffres après le point décimal...) et entremêler texte et variables sur la même ligne de sortie.

Ex: si l'on a les variables `v=444; t='chaîne de car.';`, l'instruction `fprintf('variable v= %6.1f et variable t= %s \n',v,t)` affiche, sur une seule ligne : "variable v= 444.0 et variable t= chaîne de car."

7.3.2 Affichage et gestion des avertissements et erreurs, beep

Les **erreurs** sont des évènements qui provoquent l'arrêt d'un script ou d'une fonction, avec l'affichage d'un message explicatif.
Les **avertissements** (**warnings**) consistent en l'affichage d'un message sans que le déroulement soit interrompu.

La gestion des erreurs et avertissements s'est alignée, depuis Octave 3, sur celle de MATLAB.

`warning( {'id',} 'message' {,variable(s)...} )`

Affiche le *message* spécifié sous la forme "warning: *message*", puis continue (par défaut) l'exécution du script ou de la fonction.
Le `message` peut être spécifié sous la forme d'un *format* (voir spécification des "Formats d'écriture" au chapitre "**Entrées-sorties**"), ce qui permet alors d'incorporer une (ou des) `variable(s)` dans le message !
L'identificateur `id` du message prend la forme `composant{:composant}:mnémonique` , où :
- le premier *composant* spécifie p.ex. le nom du package
- le second *composant* spécifie p.ex. le nom de la fonction
- le *mnémonique* est une notation abrégée du message

L'identificateur `id` est utile pour spécifier les conditions de traitement de l'avertissement (voir ci-dessous).
Sous Octave, une description de tous les types de warnings prédéfinis est disponible avec `help warning_ids`

`warning`

Passée sans paramètre, cette fonction **indique** de quelle façon sont traités les différents types de messages d'avertissements (warnings). Les différents états possibles sont :
- `on` = affichage du message d'avertissement, puis continuation de l'exécution
- `off` = pas d'affichage de message d'avertissement et continuation de l'exécution
- `error` = condition traitée comme une **erreur**, donc affichage du message d'avertissement puis interruption !

`warning('on|off|error', 'id' )`

Changement de la **façon de traiter** les avertissements du type `id` spécifié. Voir ci-dessus la signification des conditions `on`, `off` et `error`. On arrive ainsi à désactiver (off) certains types d'avertissements, les réactiver (on), ou même les faire traiter comme des erreurs (error) !

`warning('query', 'id' )`

Récupère le statut courant de traitement des warnings de type *id*

{*string*=} `lastwarn`
Affiche (ou récupère sur la variable *string*) le dernier message d'avertissement (warning)

Ex:
- `X=123; S='abc'; warning('Demo:test','X= %u et chaîne S= %s', X, S)`
  => affichage: 'warning: X= 123 et chaîne S= abc'
- puis si l'on fait `warning('off','Demo:test')`
  et que l'on exécute à nouveau le `warning` ci-dessus, il n'affiche plus rien
- puis si l'on fait `warning('error','Demo:test')`
  et que l'on exécute à nouveau le `warning` ci-dessus, il affiche: 'error: X vaut: 123 et la chaîne S: abc'

`error('message' {,variable(s)...} )`
Affiche le *message* indiqué sous la forme "error: *message*", puis interrompt l'exécution du script ou de la fonction dans le(la)quel(le) cette instruction a été placée, ainsi que l'exécution du script ou de la fonction appelante. Comme avec `warning`, le *message* peut être spécifié sous la forme d'un *format*, ce qui permet alors d'incorporer une (ou des) `variable(s)` dans le message.

Sous **Octave**, si l'on veut éviter qu'à la suite du *message* d'erreur soit affiché un "traceback" de tous les appels de fonction ayant conduit à cette erreur, il suffit de terminer la chaîne *message* par le caractère <newline>, c'est-à-dire définir `error("message... \n")`. Mais comme on le voit, la chaîne doit alors être définie entre guillemets et non pas entre apostrophes, ce qui pose problème à MATLAB. Une façon de contourner ce problème pour faire du code portable pour Octave et MATLAB est de définir `error(sprintf('message... \n'))`

Remarque générale : Lorsque l'on programme une fonction, si l'on doit prévoir des cas d'interruption pour cause d'erreur, il est important d'utiliser `error(...)` et non pas `disp('message'); return`, afin que les scripts utilisant cette fonction puissent tester les situations d'erreur (notamment avec la structure de contrôle `try` - `catch` - `end`).

{*string*=} `lasterr`
Affiche (ou récupère sur la variable *string*) le dernier message d'erreur

`beep`
Effectue un beep sonore

7.3.3 Entrée d'information au clavier

variable= `input('prompt') ;`
variable_chaîne= `input('prompt', 's') ;`
MATLAB/Octave affiche le *prompt* ("invite") spécifié, puis attend que l'utilisateur entre quelque-chose au clavier terminé par la touche `<Enter>`

• En l'absence du paramètre `'s'`, l'information entrée par l'utilisateur est "interprétée" (évaluée) par MATLAB/Octave, et c'est la valeur résultante qui est affectée à la *variable* spécifiée. L'utilisateur peut donc, dans ce cas, saisir un nombre, un vecteur, une matrice, voire toute expression valide !
On peut, après cela, éventuellement détecter si l'utilisateur n'a rien introduit (au cas où il aurait uniquement frappé `<Enter>`) avec : `isempty(variable)`, ou `length(variable)==0`

• Si l'on spécifie le second paramètre `'s'` (signifiant string), le texte entré par l'utilisateur est affecté tel quel (sans évaluation) à la *variable_chaîne* indiquée. C'est donc cette forme-là que l'on utilise pour saisir interactivement du texte.

Dans les 2 cas, on place généralement, à la fin de cette commande, un `;` pour que MATLAB/Octave "travaille silencieusement", c'est-à-dire ne quittance pas à l'écran la valeur qu'il a affectée à la *variable*.

Ex:
- la commande `v1=input('Entrer v1 (scal., vect., mat. ou expr.) : ') ;` affiche "Entrer v1 (scal., vect., mat. ou expr.) : " puis permet de saisir interactivement la variable numérique "v1" (qui peut être un scalaire, un vecteur, une matrice ou une expression numérique)
- la commande `nom=input('Entrez votre nom : ', 's') ;` permet de saisir interactivement un nom (contenant même des espaces...)

choix= `menu('Titre','bouton1','bouton2',...)`
Affiche un menu de choix entre plusieurs options.
• **MATLAB**: ce menu apparaît sous forme d'une fenêtre graphique. La barre de titre de la fenêtre de ce menu porte

le *Titre* spécifié, et les boutons portent les noms *bouton1*, *bouton2*... spécifiés). Lorsque l'on clique sur un bouton, le No du bouton est retourné sur la variable *choix*, la fenêtre menu disparaît et le déroulement du script se poursuit
• **Octave**: ce menu apparaît sous forme texte dans la fenêtre de commande. Il faut répondre en frappant un numéro de 1 à *n* (nombre d'options du menu), puis le numéro que l'on a entré est retourné sur la variable *choix* et le déroulement du script se poursuit.
Pour effectuer un choix via une interface graphique, voir la fonction `zenity_list` au chapitre "**Interfaces-utilisateur graphiques**"

`pause`
`pause(secondes)` ou `sleep(secondes)`

Lorsque le script rencontre cette instruction sans paramètre, il effectue une **pause**, c'est-à-dire attend que l'utilisateur frappe **n'importe quelle touche** au clavier pour continuer son exécution.
Si une **durée** `secondes` est spécifiée, le script reprend automatiquement son exécution après cette durée.
Sous MATLAB, on peut passer la commande `pause off` pour désactiver les éventuelles pauses qui seraient effectuées par un script (puis `pause on` pour rétablir le mécanisme des pauses).

7.3.4 Aide au debugging

Lorsqu'il s'agit de debuguer un script ou une fonction qui pose problème, la première idée qui vient à l'esprit est de parsemer le code d'instructions d'**affichages intermédiaires**. Plutôt que de faire des `disp`, on peut alors avantageusement utiliser la fonction `warning` présentée plus haut, celle-ci permettant en une seule instruction d'afficher du texte et des variables ainsi que de désactiver/réactiver aisément l'affichage de ces warnings.

On peut également utiliser les commandes décrites ci-dessous.

`echo on | off`
`echo on all | off all`

• Active (`on`) ou désactive (`off` , c'est le cas par défaut) l'affichage/écho de toutes les commandes exécutées par les **scripts**
• Active (`on all`) ou désactive (`off all` , c'est le cas par défaut) l'affichage/écho de toutes les commandes exécutées par les **fonctions**

Petites différences de comportement entre Octave et MATLAB :
L'affichage est plus agréable dans Octave, chaque commande exécutée étant clairement identifiée par un signe `+` (signe que l'on peut changer avec la fonction `PS4`)
Sous Octave 3.2, l'option `on` est sans effet sur les scripts, et il faut utiliser `on all` qui fait à la fois l'écho des fonctions et des scripts

`keyboard`
`keyboard('prompt ')`

Cette commande invoque, **à l'intérieur** d'un M-file, le mode de debugging "keyboard" de MATLAB/Octave : l'exécution du script est suspendue, et un prompt spécifique s'affiche (`K>>` sous MATLAB, et `debug>` ou le *prompt* spécifié sous Octave). L'utilisateur peut alors travailler normalement en mode interactif dans MATLAB/Octave (visualiser ou changer des variables, passer des commandes...). Puis il a le choix de :
• continuer l'exécution du script en frappant en toutes lettres la commande `return`
• ou avorter la suite du script en frappant la commande `dbquit` sous MATLAB ou Octave (anciennement `<Ctrl-C>` sous Octave 3.2 et antérieur)
Ce mode "keyboard" permet ainsi d'analyser manuellement certaines variables en cours de déroulement d'un script.

Nous décrivons ci-après les **fonctionnalités de debugging plus avancées** disponibles depuis **Octave 3.2**. Sous MATLAB, la syntaxe de ces commandes est légèrement différente.

`dbstop('script | fonction', no {, no, no...} )`
`dbstop('script | fonction', vecteur_de_nos)`

Défini (ajoute), lors de l'exécution ultérieure du *script* ou de la *fonction* indiquée, des breakpoints au début des lignes de *no* spécifié
Le grand avantage, par rapport à l'instruction `keyboard` décrite précédemment, est qu'ici on ne "pollue" pas notre code, les breakpoints étant définis interactivement avant l'exécution

`dbclear('script | fonction', no {, no, no...} )`
`dbclear('script | fonction')`

Supprime, dans le *script* ou la *fonction* indiquée, les breakpoints précédemment définis aux lignes de *no* spécifié.
Dans sa seconde forme, cette instruction supprime tous les breakpoints relatif au script/fonction spécifié.

struct = `dbstatus {('script | fonction')}`
Affiche (ou retourne sur une *structure*) les vecteurs contenant les nos de ligne sur lesquels sont couramment définis des breakpoints. Si on ne précise pas de script/fonction, retourne les breakpoints de tous les scripts/fonctions

Puis, **en cours d'exécution** du script ou de la fonction, on dispose des commandes de debugging suivantes :

- l'exécution s'arrête automatiquement au premier beakpoint spécifié (avec l'affichage du prompt `debug>`)
- en frappant la commande `return` (en toutes lettres), on continue l'exécution jusqu'au **breakpoint suivant**, etc...
- en frappant la commande `dbstep` , on exécute la **ligne suivante** du script/fonction
- en frappant la commande `dbwhere` , on affiche le numéro (et contenu) de la **ligne courante** du script/fonction
- en frappant la **touche** `<return>` , c'est la **commande de debugging** précédemment passée qui est répétée
- en frappant la commande `dbquit` , on **avorte** l'exécution du script/fonction

S'agissant d'exécution de scripts/fonctions imbriqués, on peut encore utiliser les commandes de debugging `dbup` , `dbdown` , `dbstack` ...

7.3.5 Profiling

Sous le terme de "**profiling**" on entend l'**analyse des performances** de scripts ou fonctions, dans la perspective d'**optimiser** certaines parties de code.

Pour déterminer simplement le temps de processeur utilisé dans certaines parties de scripts ou fonctions, on peut manuellement ajouter dans le code des **fonctions de "timing"** (de chronométrage du temps consommé) qui sont décrites au chapitre "**Dates et temps**".

MATLAB et Octave (depuis la version 3.6) offrent en outre un outil appelé "**profiler**" (voyez les fonctions `profile` , `profshow` , `profexplore` ...) qui est en mesure de **comptabiliser le temps** consommé par les fonctions et instructions lors de leur exécution, puis de présenter les résultats de cette analyse sous forme de tableaux.

7.4 Structures de contrôle

Les "**structures de contrôle**" sont les instructions d'un langage de programmation permettant de réaliser des boucles et des exécutions conditionnelles (tests). MATLAB/Octave offre les structures de contrôle de base décrites dans le tableau ci-dessous (voir aussi `helpwin lang`) qui peuvent bien évidemment être **emboitées** les unes dans les autres. Notez que la syntaxe est différente des structures analogues en C ou Java.

Comme MATLAB/Octave permet de travailler en "format libre" (espaces et caractères de tabulation ne sont pas significatifs), on recommande aux programmeurs MATLAB/Octave de bien "**indenter**" leur code, lorsqu'ils utilisent des structures de contrôle, afin de faciliter la lisibilité et la maintenance du programme.

Octave propose aussi des variations aux syntaxes présentées plus bas, notamment : `endfor` , `endwhile` , `endif` , `endswitch` , `end_try_catch` , ainsi que d'autres structures telles que:
`unwind_protect body... unwind_protect_cleanup cleanup... end_unwind_protect`
Essayez de vous en passer pour que votre code reste portable.

Structure	Description

Boucle **for-end**
 	
`for var = matrice`
`    commandes...`
`end`
	MATLAB/Octave parcourt les différentes colonnes de *matrice* (c'est-à-dire `matrice(:,i)`) qu'il affecte au vecteur colonne *var*. A chaque itération, la **colonne** suivante de *matrice* est donc passée à *var*, et le bloc de *commandes* spécifiées est exécuté.
	• si *matrice* est un vecteur ligne (p.ex. une série), la variable *var* sera un scalaire recevant à chaque itération l'élément suivant de ce vecteur
	• si *matrice* est un vecteur colonne, la variable *var* sera aussi un vecteur colonne qui recevra en une fois toutes les valeurs de *matrice*, et le bloc de *commandes* ne sera ainsi executé qu'une seule fois puis on sortira directement de la boucle !
	Ex :
	• `for n=10:-2:0 , n^2, end` affiche successivement les valeurs 100 64 36 16 4 et 0
	• `for n=[1 5 2;4 4 4] , n, end` affiche successivement les colonnes [1;4] [5;4] et [2;4]

Boucle **while-end**
("tant que" la condition n'est pas fausse)
 	
`while expression_logique`
`    commandes...`
`end`
	Si **tous** les éléments de l'*expression_logique* (qui peut donc être une matrice, un vecteur ou un scalaire) ne sont pas Faux (c'est-à-dire différents de "0"), l'ensemble des *commandes* spécifiées est exécuté, puis l'on reboucle sur le test. Si un ou plusieurs éléments de l'*expression_logique* sont Faux (c'est-à-dire égaux à "0"), on saute directement aux instructions situées après le `end` .
	On modifie en général, dans la boucle, des variables constituant l'*expression_logique*, sinon on a une boucle sans fin (dont on ne peut sortir qu'avec un `<ctrl-C>` !)
	Ex :
	• `n=1 ; while (n^2 < 100) , disp(n^2) , n=n+1 ; end` affiche les valeurs n^2 depuis n=1 et tant que n^2 est inférieur à 100, donc affiche les valeurs 1 4 9 16 25 36 49 64 81 puis s'arrête

Boucle **do-until**
("jusqu'à ce que" une condition se vérifie)
 	
`do`
`    commandes...`
`until expression_logique`
	Spécifique à **Octave**, cette structure de contrôle classique permet d'exécuter des *commandes* en boucle jusqu'à ce qu'une *expression_logique* soit Vraie.
	
	La différence essentielle par rapport à la boucle `while` est que l'on vérifie la condition après avoir une fois (au moins) exécuté le bloc de commandes.

Construction
if-{{elseif-}else-}end
("si, sinon si, sinon")
 	
`  if expr_log_1`
`      commandes_1...`
`{ elseif expr_log_2`
`      commandes_2...       }`
`{ else`
`      autres_commandes... }`
	Si **tous** les éléments de l'*expr_log_1* (qui peut être une matrice, un vecteur ou un scalaire) ne sont pas Faux (c'est-à-dire différents de "0"), l'ensemble des *commandes_1* spécifiées est exécuté.
	Sinon (si un ou plusieurs éléments sont Faux, c'est-à-dire égaux à "0"), MATLAB teste une éventuelle *expr_log_2* et exécute les *commandes_2* associées...
	Et ainsi de suite, jusqu'à rencontrer un éventuel `else` pour exécuter l'ensemble d'*autres_commandes* si toutes les expressions testées étaient fausses. Les blocs `else` et `elseif` sont donc facultatifs.

```
end
```

Ex :

- Soit le bloc d'instructions `if n==1, disp('un'), elseif n==2, disp('deux'), else, disp('autre'), end` .
  Si l'on affecte `n=1` , l'exécution de ces instructions affiche "un", si l'on affecte `n=2` il affiche "deux", et si "n" est autre que 1 ou 2 il affiche "autre"

Construction **switch-case-{otherwise-}end**

```
switch variable
   case {val1, val2 ...}
      commandes_a...
   case {val3, val4 ...}
      commandes_b...
   otherwise
      autres_commandes...
end
```

Attention : dans cette construction les caractères `{ }` doivent être entrés tels quels (ils ne signifient pas une partie optionnelle) !
Cette construction réalise ce qui suit : si la *variable* spécifiée est égale à la valeur *val1* ou *val2*, seul le bloc de *commandes_a* spécifié est exécuté ; si elle est égale à la valeur *val3* ou *val4*, seul le bloc de *commandes_b* spécifié est exécuté. Et ainsi de suite... Si elle n'est égale à rien de tout ça, c'est le bloc des *autres_commandes* spécifiées qui est exécuté. Contrairement au "switch" du langage C, il n'est pas nécessaire de définir des `break` à la fin de chaque bloc !
En lieu et place de *variable* et de *val1*, *val2*... on peut aussi mettre des expressions. On peut avoir autant de blocs `case` que l'on veut, et la partie `otherwise` est facultative.

Ex :

- L'exemple précédent réalisé avec if-elseif-else pourrait être ainsi reprogrammé avec une structure switch-case : `switch n, case{1}, disp('un'), case{2}, disp('deux'), otherwise, disp('autre'), end`

Construction **try-catch-end**

```
try
   commandes_1...
catch
   commandes_2...
end
autres_commandes...
```

Les instructions comprises entre `try` et `catch` (bloc de *commandes_1*) sont exécutées jusqu'à ce qu'une erreur se produise, auquel cas MATLAB/Octave passe automatiquement à l'exécution des commandes comprises entre `catch` et `end` (bloc de *commandes_2*). Le message d'erreur peut être récupéré avec la commande `lasterr` .

Si le premier bloc de *commandes_1* s'exécute absolument sans erreur, le second bloc de *commandes_2* n'est pas exécuté, et le déroulement se poursuit avec *autres_commandes*

Sortie prématurée d'une boucle

`break`

A l'intérieur d'une boucle (`for` ou `while`), cette instruction permet, par exemple suite à un test, de sortir **prématurément** de la boucle et de poursuivre l'exécution des instructions situées après la boucle. Si 2 boucles sont imbriquées l'une dans l'autre, un `break` placé dans la boucle interne sort de celle-ci et continue l'exécution dans la boucle externe.
A ne **pas confondre** avec `return` (voir plus bas) qui sort d'une fonction, respectivement interrompt un script !

Ex :

```
for k=1:100
  k2=k^2;
  fprintf('carré de %3d = %5d \n',k,k2)
  if k2 > 200  break , end  % sortir boucle lorsque k^2 > 200
end
fprintf('\nsorti de la boucle à k = %d\n',k)
```

```
k=1;
while 1
  fprintf('carré de %3d = %5d \n', k, k^2)
  if k >= 10  break , else k=k+1; end
  % ici on sort lorsque k > 10
end
```

Sauter le reste des instructions dans une boucle et passer à la **prochaine itération**

`continue`

A l'intérieur d'une boucle (`for` ou `while`), cette instruction permet donc, par exemple suite à un test, de sauter le reste des instructions de la boucle et passer à l'itération suivante.

Ex :

```
start=1; stop=100; fact=8;
fprintf('Nb entre %u et %u divisibles par %u : ', start,stop,fact)
for k=start:1:lim
  if rem(k,fact) ~= 0
```

	`continue`
	`end`
	`fprintf('%u, ', k)`
	`end`
	`disp(' fin')`
	
	Le code ci-dessus affiche: "Nb entre 1 et 100 divisibles par 8 : 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, fin"

double(*var***)**	Cette instruction permet de convertir en double précision la variable *var* qui, dans certaines constructions **for** , **while** **if** , peut n'être qu'en simple précision

Les structures de contrôle sont donc des éléments de langage extrêmement utiles. Mais dans MATLAB/Octave, il faut "penser instructions matricielles" (on dit aussi parfois "vectoriser" son algorithme) avant d'utiliser à toutes les sauces ces structures de contrôle qui, du fait que MATLAB est un langage interprété, sont beaucoup moins rapides que les opérateurs et fonctions matriciels de base !

> **Ex**: l'instruction **y=sqrt(1:100000);** est beaucoup plus efficace/rapide que la boucle **for n=1:100000, y(n)=sqrt(n); end** (bien que, dans les 2 cas, ce soit un vecteur de 100'000 éléments qui est créé contenant les valeurs de la racine de 1 jusqu'à la racine de 100'000). Testez vous-même !

7.5 Autres commandes utiles en programmation

Nous énumérons encore ici quelques commandes/fonctions supplémentaires qui peuvent être utiles dans la **programmation** de scripts ou de fonctions.

`return`

Termine l'exécution de la fonction ou du script. Un script ou une fonction peut renfermer plusieurs `return` (sorties contrôlées par des structures de contrôle...). Une autre façon de sortir proprement en cas d'erreur est d'utiliser la fonction `error` (voir plus haut).
On ne sortira jamais avec `exit` ou `quit` qui non seulement terminerait le script ou la fonction mais terminerait aussi la session MATLAB/Octave !

{*var*=} `nargin`

A l'intérieur d'une fonction, retourne le nombre d'arguments d'entrée passés lors de l'appel à cette fonction. Permet par exemple de donner des valeurs par défaut aux paramètres d'entrée manquant.
Utile sous **Octave** pour tester si le nombre de paramètres passés par l'utilisateur à la fonction est bien celui attendu par la fonction (ce test n'étant pas nécessaire sous **MATLAB** ou le non respect de cette condition est automatiquement détecté).
Voir aussi la fonction `nargchk` qui permet aussi l'implémentation simple d'un message d'erreur.

Ex: voir ci-après

`varargin`

A l'intérieur d'une fonction, tableau cellulaire permettant de récupérer un nombre d'arguments quelconque passé à la fonction

Ex: soit la fonction `test_vararg.m` suivante :

```
function []=test_vararg(varargin)
fprintf('Nombre d''arguments passes a la fonction : %d \n',nargin)
for no_argin=1:nargin
  fprintf('- argument %d:\n', no_argin)
  disp( varargin{no_argin} )
end
```

si on l'invoque avec `test_vararg(111,[22 33;44 55],'hello !',{'ca va ?'})` elle retourne :

```
Nombre d'arguments passes a la fonction : 4
- argument 1:
   111
- argument 2:
   22   33
   44   55
- argument 3:
   hello !
- argument 4:
   { [1,1] = ca va ? }
```

{*string*=} `inputname(k)`

A l'intérieur d'une fonction, retourne le nom de variable du *k*-ème argument passé à la fonction

{*var*=} `nargout`

A l'intérieur d'une fonction, retourne le nombre de variables de sortie auxquelles la fonction est affectée lors de l'appel. Permet par exemple d'éviter de calculer les paramètres de sortie manquants....
Voir aussi la fonction `nargoutchk` qui permet aussi l'implémentation simple d'un message d'erreur.

Ex: A l'intérieur d'une fonction-utilisateur `mafonction` :

- lorsqu'on l'appelle avec `mafonction(...)` : `nargout` vaudra 0
- lorsqu'on l'appelle avec `out1=mafonction(...)` : `nargout` vaudra 1
- lorsqu'on l'appelle avec `[out1 out2]=mafonction(...)` : `nargout` vaudra 2, etc...

{*string*=} `mfilename`

A l'intérieur d'une fonction ou d'un script, retourne le nom du M-file de cette fonction ou script, sans son extension `.m`

`global variable(s)`

Définit la(les) *variable(s)* spécifiée(s) comme **globale(s)**. Cela peut être utile lorsque l'on veut partager des données entre le workspace et certaines fonctions sans devoir passer ces données en paramètre lors de l'appel à ces fonctions. Il est alors nécessaire de déclarer ces variables globales, avant de les utiliser, à la fois dans le workspace et à l'intérieur des fonctions.

Une bonne habitude serait d'identifier clairement les variables globales de fonctions, par exemple en leur donnant un nom en caractères majuscules.

Ex : la fonction `fct1.m` ci-dessous mémorise (et affiche) le nombre de fois qu'elle a été appelée :

```
function []=fct1()
 global  COMPTEUR
COMPTEUR=COMPTEUR+1;
fprintf('fonction appelee %04u fois \n',COMPTEUR)
return
```

Pour tester cela, il faut passer les instructions suivantes dans la fenêtre de commande MATLAB/Octave :

```
 global  COMPTEUR   % cela déclare le compteur également global dans le workspace
COMPTEUR = 0 ;     % initialisation du compteur
fct1               % => cela affiche "fonction appelee   1 fois"
fct1               % => cela affiche "fonction appelee   2 fois"
```

`persistent variable(s)`

Utilisable dans les fonctions seulement, cette déclaration définit la(les) *variable(s)* spécifiée(s) comme **statique(s)**, c'est-à-dire conservant de façon interne leurs dernières valeurs entre chaque appel à la fonction. Ces variables ne sont cependant pas visibles en-dehors de la fonction (par opposition aux variables globales).

Ex : la fonction `fct2.m` ci-dessous mémorise (et affiche) le nombre de fois qu'elle a été appelée. Contrairement à l'exemple de la fonction `fct1.m` ci-dessus, la variable *compteur* n'a **pas** à être déclarée dans la session principale (ou dans le script depuis lequel on appelle cette fonction), et le *compteur* doit ici être initialisé **dans** la fonction.

```
function []=fct2()
 persistent  compteur
% au premier appel, après cette déclaration persistent compteur existe et vaut []
if isempty(compteur)
  compteur=0 ;
end
compteur=compteur+1 ;
fprintf('fonction appelee %04u fois \n',compteur)
return
```

Pour tester cela, il suffit de passer les instructions suivantes dans la fenêtre de commande MATLAB/Octave :

```
fct2               % => cela affiche "fonction appelee   1 fois"
fct2               % => cela affiche "fonction appelee   2 fois"
```

`eval('expression1', {'expression2'})`

Évalue et **exécute** l'*expression1* MATLAB/Octave spécifiée. En cas d'échec, évalue l'*expression2*.

Ex: le petit script suivant permet de grapher n'importe quelle fonction y=f(x) définie interactivement par l'utilisateur :

```
fonction = input('Quelle fonction y=fct(x) voulez-vous grapher : ','s');
min_max  = input('Indiquez [xmin xmax] : ');
x = linspace(min_max(1),min_max(2),100);
eval(fonction,'error(''fonction incorrecte'')');
plot(x,y)
```

`class(objet)`

Retourne la "classe" de *objet* (double, struct, cell, char).

O **`typeinfo(objet)`**

Sous Octave seulement, retourne le "type" de *objet* (scalar, range, matrix, struct, cell, list, bool, sq_string, char matrix, file...).

`run('M-file')`
O **`source('M-file.m')`**

Exécute le *M-file* spécifié. Avec `run` : sous MATLAB il ne faut pas indiquer l'extension `*.m` du fichier (alors qu'avec Octave on peut la spécifier).
Avec O `run` (sous Octave) il faut spécifier le nom du fichier avec son extension !

7.6 Scripts (programmes), mode batch

7.6.1 Principes de base relatifs aux scripts

Un "**script de commande**" ou "**programme**" MATLAB/Octave n'est rien d'autre qu'une suite de commandes MATLAB/Octave valides ("algorithme" exprimé en langage MATLAB/Octave) sauvegardées dans un **M-file**.

Par oposition aux "fonctions" (voir chapitre suivant), les scripts sont invoqués par l'utilisateur sans passer d'arguments, car ils **opèrent directement sur les variables du workspace**. Un script peut donc lire et modifier des variables préalablement définies (que ce soit interactivement ou via un autre script), ainsi que créer de nouvelles variables qui seront accessibles dans le workspace (et à d'autres scripts) une fois le script exécuté.

Il est possible (et vivement conseillé) de **documenter** le fonctionnement du script vis-à-vis du système d'**aide en ligne** `help` de MATLAB/Octave. Il suffit, pour cela, de définir, au *tout début* du script, des lignes de commentaire (lignes débutant par le caractère `%`). La commande `help M-file` affichera alors automatiquement le 1er bloc de lignes de commentaire contiguës du M-file. On veillera à ce que la toute première ligne de commentaire (appelée "H1-line") indique le nom du script (en majuscules) et précise brièvement ce que fait le script, étant donné que c'est cette ligne qui est affichée lorsque l'on fait une recherche de type `lookfor mot-clé`.

Pour **exécuter un script**, on peut utiliser l'une des méthodes suivantes :

- interactivement : frapper son nom `M-file` sans l'extension `.m`, suivi de `<Enter>`
  (Attention : il faut dans ce cas que le script se trouve dans le répertoire courant ou dans un répertoire pointé par le path : voir chapitre "**Environnement**")
- depuis la fenêtre MATLAB "Editor" et si le script est ouvert : menu `Tools>Run`
- depuis un autre script : avec la commande `run` (ou la commande Octave `source`) (voir plus haut)

En phase de **debugging**, on peut activer l'affichage des commandes exécutées par le script en passant la commande `echo on` avant de lancer le script, puis désactiver ce "traçage" avec `echo off` une fois le script terminé.

Exemple de script: Le petit programme ci-dessous réalise la somme et le produit de 2 nombres, vecteurs ou matrices (de même dimension) demandés interactivement. Notez bien la 1ère ligne de commentaire (H1-line) et les 2 lignes qui suivent fournissant le texte pour l'aide en-ligne. On exécute ce programme en frappant `somprod` (puis répondre aux questions interactives...), ou l'on obtient de l'aide sur ce script en frappant `help somprod`.

```
%SOMPROD Script réalisant la somme et le produit de 2 nombres, vecteurs ou matrices
%
% Ce script est interactif, c'est-à-dire qu'il demande interactivement les 2 nombres,
% vecteurs ou matrices dont il faut faire la somme et le produit (élément par élément)

V1=input('Entrer 1er nombre (ou expression, vecteur ou matrice) : ') ;
V2=input('Entrer 2e  nombre (ou expression, vecteur ou matrice) : ') ;

if ~ isequal(size(V1),size(V2))
  error('les 2 arguments n'ont pas la meme dimension')
end

%{
  1ère façon d'afficher les résultats (la plus propre au niveau affichage,
  mais ne convenant que si V1 et V2 sont des scalaires) :
      fprintf('Somme = %6.1f  Produit = %6.1f \n', V1+V2, V1.*V2)

  2ème façon d'afficher les résultats :
      Somme = V1+V2
      Produit = V1.*V2
%}

% 3ème façon (basique) d'afficher les résultats
     disp('Somme =') ,    disp(V1+V2)
     disp('Produit =') , disp(V1.*V2)

return  % Sortie du script (instruction ici pas vraiment nécessaire,
        %                   vu qu'on a atteint la fin du script !)
```

7.6.2 Exécuter un script en mode batch

Pour autant qu'il ne soit pas interactif, on peut exécuter un **script** depuis un **shell** (dans fenêtre de commande du système d'exploitation) ou en mode **batch** (p.ex. environnement GRID), c'est-à-dire sans devoir démarrer l'interface-utilisateur MATLAB/Octave, de la façon décrite ici.

Avec **MATLAB** :

- en premier lieu, il est important que le `script.m` s'achève sur une instruction `quit`, sinon la fenêtre MATLAB (minimisée dans la barre de tâches sous Windows) ne se refermera pas
- puis passer la commande :
  - sous **Windows** (depuis une fenêtre "invite de commande") : `path\matlab.exe -r script -logfile fichier_resultat.txt -nojvm -nosplash -minimise`
  - sous **Linux** (depuis une fenêtre shell) : `path\matlab -r script -logfile fichier_resultat.txt -nojvm -nosplash -nodisplay`

  notez que, dans ces commandes :

  - `path` désigne le chemin d'accès à l'exécutable MATLAB (p.ex. `C:\Program Files\MATLAB\bin\win32` sous Windows...)
  - le fichier de sortie `fichier_resultat.txt` sera créé (en mode écrasement s'il préexiste)

- sachez finalement qu'il est possible d'utiliser interactivement MATLAB en mode commande dans une fenêtre terminal (shell) et sans interface graphique (intéressant si vous utilisez MATLAB à distance sur un serveur Linux) ; il faut pour cela démarrer MATLAB avec la commande : `matlab -nodesktop -nosplash`

Avec **Octave** :

- contrairement à MATLAB, il n'est ici pas nécessaire que le `script.m` s'achève par une instruction `quit`
- vous avez ensuite les possibilités suivantes :
  - depuis une fenêtre de commande (**Windows**), frapper: `path\octave.exe --silent script.m { > fichier_resultat.txt }`
    depuis un shell (**Unix**, **MacOSX**), frapper: `octave --silent script.m { > fichier_resultat.txt }`
  - en outre, sous **Linux** ou **MacOS**, vous pouvez aussi procéder ainsi :
    - faire débuter le script par la ligne: `#!/usr/bin/octave --silent`
    - puis mettre le script en mode execute avec la commande: `chmod u+x script.m`
    - puis lancer le script avec: `./script.m { > fichier_resultat.txt }`

  notez que, dans ces commandes :

  - avec `> fichier_resultat.txt`, les résultats du script sont envoyés dans le *fichier_resultat* spécifié et non pas affichés dans la fenêtre de commande
  - `--silent` (ou `-q`) n'affiche pas les messages de démarrage de Octave
  - `--no-init-file` : en ajoutant cette option, les prologues utilisateurs `.octaverc` ne sont pas exécutés au préalable

En outre, sous **Octave**, si vous ne désirez exécuter en "batch" que quelques *commandes* sans faire de script, vous pouvez procéder ainsi :

- depuis une fenêtre de commande ou un shell, frapper: `octave --silent --eval "commandes..." { > fichier_resultat.txt }`

  Ex: `octave --silent --no-init-file --eval "disp('Hello'), a=12; douze_au_carre=12^2, disp('Bye...')"`

7.6.3 Tester si un script s'exécute sous MATLAB ou sous Octave

Étant donné les différences qui peuvent exister entre MATLAB et Octave (incompatibilités telles que fonctions implémentées différemment ou non disponibles...), si l'on souhaite réaliser des **scripts portables** (i.e. qui tournent à la fois sous MATLAB et Octave, ce qui est conseillé !) on peut implémenter du **code conditionnel** relatif à chacun de ces environnement en réalisant, par exemple, un test via une fonction built-in appropriée.

Ex: on test ici l'existence de la fonction built-in `OCTAVE_VERSION` (n'existant que sous Octave) :

```
if ~ exist('OCTAVE_VERSION')   % MATLAB
  % ici instruction(s) pour MATLAB
else                         % Octave
  % ici instruction(s) équivalente(s) pour Octave
end
```

7.7 Fonctions, P-Code

7.7.1 Principes de base relatifs aux fonctions

Également programmées sous forme de M-files, les "**fonctions**" MATLAB se distinguent des "scripts" par leur mode d'invocation qui est fondamentalement différent : `var_sortie = nom_fonction(arg_entree,...)`

- on appelle donc une fonction par son nom en lui passant ses **arguments** d'**entrée** (noms de variables ou valeurs) entre parenthèses ; certaines fonctions peuvent ne pas avoir d'argument (ex: `beep`)
- la fonction retourne en général une(des) valeur(s) de **sortie** que l'on récupère alors sur la(les) variable(s) à laquelle (auxquelles) la fonction est affectée lors de l'appel

Le mécanisme de passage des **paramètres** à la fonction se fait "**par valeur**" (et non pas "par référence").

Les **variables** créées **à l'intérieur** de la fonction sont dites "**locales**" car elles sont, par défaut, inaccessible en dehors de la fonction (que ce soit dans le workspace ou dans d'autres fonctions ou scripts). Si l'on tient cependant à ce que certaines variables de la fonction soient visibles et accessibles à l'extérieur, on peut les rendre "globales" en les définissant comme telles dans la fonction, *avant* qu'elles ne soient utilisées, par une déclaration `global variable(s)` (voir **plus haut**). Il faudra aussi faire une telle déclaration dans la fenêtre de commande MATLAB/Octave (avant d'utiliser la fonction !) si l'on veut accéder à ces variables dans le workspace ! Une autre alternative serait de déclarer certaines variables `persistent` (voir aussi **plus haut**), si l'on désire, à chaque appel à la fonction, retrouver les variables internes dans l'état où elles ont été laissées lors de l'appel précédent.

On pourrait déclarer plusieurs fonctions dans un M-file, mais seule la première est accessible de l'extérieur (les suivantes ne pouvant être appelées que par la première). ATTENTION : le **nom du M-file** doit être rigoureusement identique au **nom de la première fonction**, et le fichier doit commencer, en 1ère ligne, par la **déclaration** de la première fonction.

La **déclaration** d'une fonction définit le *nom_fonction* et ses arguments *arg_entree* et *arg_sortie* (séparés par des virgules) selon la syntaxe :
`function [arg_sortie, ...]=nom_fonction(arg_entree, ...)`
(les crochets ne sont pas obligatoires s'il n'y a qu'un *arg_sortie*)

Se succèdent donc, dans cet ordre :

1. déclaration de la fonction (ligne ci-dessus)
2. lignes de commentaires (commençant par le caractère `%`) qui décrivent la fonction pour le système d'aide en-ligne, à savoir :
   • la "**H1-line**" (qui sera retournée par la commande `lookfor mot-clé`)
   • les lignes du **texte d'aide** (qui seront affichées par la commande `help nom_fonction`)
3. éventuelle déclaration de variables **globales** ou **statiques**
4. instructions proprement dites de la fonction (qui vont affecter les variables *arg_sortie*)
5. et instruction(s) `return` signalant le(s) point(s) de sortie de la fonction

Exemple de fonction: On présente, ci-dessous, deux façons de réaliser une petite fonction retournant le produit et la somme de 2 nombres, vecteurs ou matrices. Dans les deux cas, le M-file doit être nommé `fsomprod.m` (c'est-à-dire identique au nom de la fonction). On peut accéder à l'aide de la fonction avec `help fsomprod` , et on trouve la première ligne d'aide en effectuant par exemple une recherche `lookfor fsomprod` . Dans ces 2 exemples, mis à part les arrêts en cas d'erreurs (instructions `error`), la sortie s'effectue à la fin du code mais aurait pu intervenir ailleurs (instructions `return`) !

Fonction	Appel de la fonction

<pre>function [resultat]=fsomprod(a,b)
%FSOMPROD somme et produit de 2 nombres ou vecteurs-ligne
%   Usage: R=FSOMPROD(V1,V2)
%   Retourne matrice R contenant: en 1ère ligne la
%   somme de V1 et V2, en seconde ligne le produit de
%   V1 et V2 élément par élément
 	
if nargin~=2
   error('cette fonction attend 2 arguments')
end
 	
sa=size(a); sb=size(b);
if ~ isequal(sa,sb)
  error('les 2 arguments n'ont pas la même dimension')
end
if sa(1)~=1 | sb(1)~=1
  error('les arg. doivent être scalaires ou vecteurs-ligne')</pre>
	Remarque : cette façon de retourner le résultat (sur une seule variable) ne permet pas de passer à cette fonction des matrices.
	
	`r=fsomprod(4,5)`
	retourne la vecteur-colonne r=[9 ; 20]
	
	`r=fsomprod([2 3 1],[1 2 2])`
	retourne la matrice r=[3 5 3 ; 2 6 2]

```
end

resultat(1,:)=a+b;   % 1ère ligne de la matrice-résultat
resultat(2,:)=a.*b;  % 2ème ligne de la matrice-résultat,
                     %      produit élément par élément !
return     % sortie de la fonction (instruction ici pas
           % nécessaire vu qu'on a atteint fin fonction)
```

```
function [somme,produit]=fsomprod(a,b)
%FSOMPROD somme et produit de 2 nombres, vecteurs ou matrices
%   Usage: [S,P]=FSOMPROD(V1,V2)
%      Retourne matrice S contenant la somme de V1 et V2,
%      et matrice P contenant le produit de V1 et V2
%      élément par élément

if nargin~=2
   error('cette fonction attend 2 arguments')
end
if ~ isequal(size(a),size(b))
  error('les 2 arg. n'ont pas la même dimension')
end

somme=a+b;
produit=a.*b;  % produit élément par élément !
return         % sortie de la fonction (instruction ici pas
               % nécessaire vu qu'on a atteint fin fonction)
```

Remarque : cette façon de retourner le résultat (sur deux variable) rend possible le passage de matrices à cette fonction !

`[s,p]=fsomprod(4,5)`
retourne les scalaires s=9 et p=20

`[s,p]=fsomprod([2 3;1 2],[1 2; 3 3])`
retourne les matrices s=[3 5 ; 4 5] et p=[2 6 ; 3 6]

7.7.2 P-Code

Lorsque du code MATLAB est exécuté, il est automatiquement interprété et traduit ("**parsing**") dans un **langage de plus bas niveau** qui s'appelle le **P-Code** (pseudo-code). Sous **MATLAB** seulement, s'agissant d'une fonction souvent utilisée, on peut éviter que cette "passe de traduction" soit effectuée lors de chaque appel en **sauvegardant le P-Code sur un fichier** avec la commande **`pcode`** *`nom_fonction`*. Un fichier de nom *`nom_fonction`*`.p` est alors déposé dans le répertoire courant (ou dans le dossier où se trouve le M-file si l'on ajoute à la commande **`pcode`** le paramètre **`-inplace`**), et à chaque appel la fonction pourra être directement exécutée sur la base du P-Code de ce fichier sans traduction préalable, ce qui peut apporter des gains de performance.

Le mécanisme de conversion d'une fonction ou d'un script en P-Code offre également la possibilité de distribuer ceux-ci à d'autres personnes sous forme binaire en conservant la **propriété** et la **maîtrise du code source**.

7.8 Entrées-sorties formatées, manipulation de fichiers

Lorsqu'il s'agit de charger, dans MATLAB/Octave, une matrice à partir de données externes stockées dans un fichier-texte, les commandes `load -ascii` et `dlmread` / `dlmwrite`, présentées au chapitre "**Workspace MATLAB/Octave**", sont suffisantes. Mais lorsque les données à **importer** sont dans un format plus complexe ou qu'il s'agit d'importer du texte ou d'**exporter** des données vers d'autres logiciels, les fonctions présentées ci-dessous s'avèrent nécessaires.

7.8.1 Vue d'ensemble des fonctions d'entrée/sortie de base

Le tableau ci-dessous donne une **vision synthétique** des principales fonctions d'entrée/sortie (présentées en détail dans les chapitres qui suivent).

Dans ce tableau, le caractère `s` terminant le nom de certaines fonctions signifie "**f**ormaté".

	Ecriture	**Lecture**
Interactivement	Ecriture à l'écran • non formaté: `disp(chaîne | variable)` (une seule variable !) • formaté: `fprintf(format, variable(s))` (ou `printf` ...)	Lecture au clavier • non formaté: *var* = `input(prompt {, 's'} )` • formaté: *var* = `scanf(format)`
Sur chaîne de caractères (le 1er `s` signifiant **s**tring)	• *string* = `sprintf(format, variable(s))` • autres fonctions : `mat2str` ...	• *var|mat* = `sscanf(string, format {,size})` • autres fonctions : `strread`, `textscan` ...
Sur fichier texte (le 1er `f` signifiant **f**ile)	• `fprintf(file_id, format, variable(s)... )` • autres fonctions : `save -ascii`, `dlmwrite` ...	• *var* = `fscanf(file_id, format {,size})` • *line* = `fgetl(file_id)` • *string* = `fgets(file_id {,nb_car})` • autres fonctions : `load(fichier)`, `textread`, `textscan`, `fileread`, `dlmread` ...
Sur fichier binaire	• `fwrite(...)`	• `fread(...)`

7.8.2 Formats de lecture/écriture

Les différentes fonctions de **lecture/écriture sous forme texte** présentées ci-dessous font appel à des "**formats**" (parfois appelés "**templates**" dans la documentation). Le but de ceux-ci est de décrire la façon selon laquelle il faut interpréter ce que l'on lit (s'agit-il d'un nombre, d'une chaîne de caractère...), respectivement sous quelle forme il faut écrire les données (pour un nombre: combien de chiffres avant/après la virgule...). Les formats MATLAB/Octave utilisent un sous-ensemble des conventions et spécifications de formats du **langage C**.

Les formats sont des **chaînes** de caractères se composant de "**spécifications de conversion**" dont la syntaxe est décrite dans le tableau ci-dessous.

ATTENTION : dans un format de **lecture**, on ne préfixera en principe pas les "spécifications de conversion" de nombres (`u d i o x X f e E g G`) par des valeurs *n* (taille du champ) et *m* (nombre de décimales), car le comportement de **MATLAB** et de **Octave** peut alors fortement différer, à savoir: découpage avec MATLAB, et aucun effet sous Octave.

Ex: `sscanf('560001','%4f')` retourne : sous MATLAB le vecteur [5600 ; 1] , et sous Octave la valeur 560001

Spécifications	**Description**
`<espace>`	• En lecture: les caractères <espace> n'ont aucune signification (sont ignorés) • En écriture: les caractères <espace> sont écrits dans la chaîne résultante

`%u` `%nu`	Correspond à un nombre **entier positif** (non signé) • En lecture: Ex: `sscanf('100 -5','%u')` => 100 et 4.295e+09 (!) • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min. Ex: `sprintf('%5u ', 100, -5)` => M' 100 -5.000000e+000' et O' 100 -5'
`%d` `%i` `%nd` `%ni`	Correspond à un nombre **entier positif ou négatif** • En lecture: Ex: `sscanf('100 -5','%d')` => 100 et -5 • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min. Ex: `sprintf('%d %03d ', 100, -5)` => '100 -05'
`%o` `%no`	Correspond à un nombre **entier positif** en base **octale** • En lecture: Ex: `sscanf('100 -5','%o')` => 64 et 4.295e+09 (!) • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min. Ex: `sprintf('%04o ', 64, -5)` => M'0100 -5.000000e+000' et O'0100 -005'
`%x` `%X` `%nx` `%nX`	Correspond à un nombre **entier positif** en base **hexadécimale** • En lecture: Ex: `sscanf('100 -5','%x')` => 256 et 4.295e+09 (!) • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min. Ex: `sprintf('%x %04X ', 255, 255, -5)` => M'ff 00FF -5.000000e+000' et O'ff 00FF -5'
`%f` `%nf` `%n.mf`	Correspond à un nombre **réel sans exposant** (de la forme `{-}mmm.nnn`) • En lecture: Ex: `sscanf('5.6e3 xy -5','%f xy %f')` => [5600 ; -5] • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min., et affiché avec `m` chiffres après la virgule. Ex: `sprintf('%f %0.2f ', 56e002, -78e-13, -5)` => '5600.000000 -0.00 -5.000000'
`%e` `%E` `%ne` `%nE` `%n.me` `%n.mE`	Correspond à un nombre **réel en notation scientifique** (de la forme `{-}m.nnnnnE{+|-}xxx`) • En lecture: Ex: `sscanf('5.6e3 xy -5','%e %*s %e')` => [5600 ; -5] • En écriture: si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min., et affiché avec `m` chiffres après la virgule. Avec `e`, le caractère 'e' de l'exposant sera en minuscule ; avec `E` il sera en majuscule. Ex: `sprintf('%e %0.2E ', 56e002, -78e-13, -5)` => '5.600000e+003 -7.80E-12 -5.000000e+00'
`%g` `%G` `%ng` `%nG`	Correspond à un nombre **réel en notation scientifique compacte** (de la forme `{-}m.nnnnnE{+|-}x`) • En lecture: Ex: `sscanf('5.6e3 xy -5','%g %*2c %g')` => [5600 ; -5] • En écriture: donne lieu à une forme plus compacte que `%f` et `%e`. Si `n` est spécifié, le nombre sera justifié à droite dans un champ de `n` car. au min. Avec `g`, le caractère 'e' de l'exposant sera en minuscule ; avec `G` il sera en majuscule. Ex: `sprintf('%g %G ', 56e002, -78e-13, -5)` => '5600 -7.8E-12 -5'
`%c` `%nc`	Correspond à 1 ou *n* **caractère(s)**, y compris d'éventuels espaces • En lecture: Ex: `sscanf('ab1 2cd3 4ef', '%2c %*3c')` => 'abcdef' • En écriture: Ex: `sprintf(' %c: (ASCII: %3d)\n', 'aabbcc')` => cela affiche : a: (ASCII: 97) b: (ASCII: 98)

<table>
<tr><td></td><td>c: (ASCII: 99)</td></tr>
<tr><td>%s

%ns</td><td>Correspond à une chaîne de caractères

• En lecture: les chaînes sont délimitées par un ou plusieurs caractères <espace>
Ex: sscanf('123   abcd', '%2s %3s') => '123abcd'
• En écriture: si n est spécifié, la chaîne sera justifiée à droite dans un champ de n car. au min.
Ex: sprintf('%s|%5s|%-5s|', 'blahblah...', 'abc', 'XYZ')
=> 'blahblah...| abc|XYZ |'</td></tr>
<tr><td>Tout autre caractère</td><td>Tout autre caractère (ne faisant pas partie d'une spécification %...) sera utilisé de la façon suivante :

• En lecture: le caractère "matché" sera sauté. Exception: les caractères <espace> d'un format sont ignorés
Ex: sscanf('12 xy 34.5 ab 67', '%f xy %f ab %f') => [12.0 ; 34.5 ; 67.0]
• En écriture: le caractère sera écrit tel quel dans la chaîne de sortie
Ex: article='stylos' ; fprintf('Total: %d %s \n', 4, article) => 'Total: 4 stylos'
Pour faire usage de certains caractères spéciaux, il est nécessaire de les encoder de la façon suivante : \t pour tabulateur horizontal, %% pour le caractère "%", \\ pour le caractère "\", \n pour saut à la ligne suivante (new line)</td></tr>
</table>

De plus, les "spécifications de conversion" peuvent être modifiées (préfixées) de la façon suivante :

<table>
<tr><th>Spécifications</th><th>Description</th></tr>
<tr><td>%-n...</td><td>• En écriture: l'élément sera justifié à gauche (et non à droite) dans un champ de n car. au min.

Ex: sprintf('|%-5s|%-5.1f|', 'abc', 12) => '|abc |12.0 |'</td></tr>
<tr><td>%0n...</td><td>• En écriture: l'élément sera complété à gauche par des '0' (zéros, et non <espace>) dans un champ de n car. au min.

Ex: sprintf('|%05s|%05.1f|', 'abc', 12) => '|00abc|012.0|'</td></tr>
<tr><td>%*...</td><td>• En lecture: saute l'élément qui correspond à la spécification qui suit

Ex: sscanf('12 blabla 34.5 67.8', '%d %*s %*f %f') => [12 ; 67.8]</td></tr>
</table>

7.8.3 Lecture/écriture formatée de chaînes

Lecture/décodage de chaîne

La fonction `sscanf` ("**s**tring **scan f**ormated") permet, à l'aide d'un **format** de lecture, de décoder le contenu d'une **chaîne de caractère** et d'en récupérer les données **sur un vecteur ou une matrice**. La lecture s'effectue en "**format libre**" en ce sens que sont considérés, comme **séparateurs** d'éléments dans la chaîne, un ou plusieurs <espace> ou <tab>. Si la chaîne renferme davantage d'éléments qu'il n'y a de "spécifications de conversion" dans le format, le format sera "**réutilisé**" autant de fois que nécessaire pour lire toute la chaîne. Si, dans le format, on **mélange des spécifications de conversion numériques et de caractères**, il en résulte une variable de sortie (vecteur ou matrice) entièrement numérique dans laquelle les caractères des chaînes d'entrée sont stockés, à raison d'un caractère par élément de vecteur/matrice, sous forme de leur code ASCII.

vec = `sscanf(string, format)`
[*vec*, *count*] = `sscanf(string, format)`

Décode la chaîne *string* à l'aide du *format* spécifié, et retourne le **vecteur-colonne** *vec* dont tous les éléments seront **de même type**. La seconde forme retourne en outre, sur *count*, le nombre d'éléments générés.

Ex:

- `vec=sscanf('abc 1 2 3 4 5 6', '%*s %f %f')` => vec=[1;2;4;5]
  Notez que, en raison de la "réutilisation" du format, les nombres 3 et 6 sont ici sautés par le `%*s` !
- `vec=sscanf('1001 1002 abc', '%f %f %s')` => vec=[1001;1002;87;98;99]
  Mélange de spécifications de conversion numériques et de caractères => la variable 'vec' est de type nombre, et la chaîne 'abc' y est stockée par le code ASCII de chacun de ses caractères

mat = `sscanf(string, format, size)`
[*mat*, *count*] = `sscanf(string, format, size)`

Permet de remplir une **matrice** *mat*, **colonne après colonne**. La syntaxe du paramètre `size` est :

- `nb` => provoque la lecture des *nb* premiers éléments, et retourne un vecteur colonne
- `[nb_row, nb_col]` => lecture de *nb_row* x *nb_col* éléments, et retourne une matrice de dimension *nb_row* x *nb_col*

Ex:

- `vec=sscanf('1 2 3 4 5 6', '%f', 4)` => vec=[1;2;3;4]
- `[mat,ct]=sscanf('1 2 3 4 5 6', '%f', [3,2])` => mat=[1 4 ; 2 5 ; 3 6], ct=6
- `[mat,ct]=sscanf('1 2 3 4 5 6', '%f', [2,3])` => mat=[1 3 5 ; 2 4 6], ct=6

[*var1*, *var2*, *var3* ...] = `sscanf(string, format, 'C')`

(Proche du langage C, cette forme très flexible n'est disponible que sous Octave)
À chaque "spécification de conversion" du `format` utilisé est associée une variable de sortie *var-i*. Le **type** de chacune de ces variables peut être **différent** !

Ex: • `[str,nb1,nb2]=sscanf('abcde 12.34 45.3e14 fgh', '%3c %*s %f %f', 'C')` => str='abc', nb1=12.34, nb2=4.53e+15

Si une chaîne ne contient que des nombres, on peut aussi aisément récupérer ceux-ci à l'aide de la fonction `str2num` présentée au chapitre sur les "**Chaînes de caractères**".

Il existe encore la fonction de décodage de chaîne `strread` qui est extrêmement puissante ! Nous vous laissons la découvrir via l'aide ou la documentation. Voyez aussi `textscan` qui est capable de lire des chaînes et des fichiers.

Écriture formatée

La fonction `sprintf` ("**s**tring **print f**ormated") lit les **variables** qu'on lui passe et les retourne, de façon formatée, **sur une chaîne de caractère**. S'il y a davantage d'éléments parmi les variables que de "spécifications de conversion" dans le format, le format sera "réutilisé" autant de fois que nécessaire.

string = `sprintf(format, variable(s)... )`

La variable *string* (de type chaîne) reçoit donc la(les) `variable(s)` formatée(s) à l'aide du `format` spécifié. Si, parmi les variables, il y a une ou plusieurs **matrice(s)**, les éléments sont envoyés colonne après colonne.

Ex:

- `nb=4 ; prix=10 ; disp(sprintf('Nombre d''articles: %04u     Montant: %0.2f Frs', nb, nb*prix))`

ou, plus simplement: `fprintf('Nombre d''articles: %04u     Montant: %0.2f Frs \n', nb, nb*prix)`
=> affiche: Nombre d'articles: 0004   Montant: 40.00 Frs

La fonction `mat2str` ("**mat**rix to **str**ing") décrite ci-dessous (et voir chapitre "**chaînes de caractères**") est intéressante pour sauvegarder de façon compacte sur fichier des matrices sous forme texte (en combinaison avec `fprintf`) que l'on pourra relire sous MATLAB/Octave (lecture-fichier avec `fscanf`, puis affectation a une variable avec `eval`).

string = `mat2str(mat {,n})`

Convertit la matrice `mat` en une chaîne de caractère *string* incluant les crochets [ ] et qui serait dont "évaluable" avec la fonction `eval`. L'argument `n` permet de définir la précision (nombre de chiffres).

Ex:

- `str_mat = mat2str(eye(3,3))` produit la chaîne "[1 0 0;0 1 0;0 0 1]"
- et pour affecter ensuite les valeurs d'une telle chaîne à une matrice x, on ferait `eval(['x=' str_mat])`

Voir aussi les fonctions plus primitives `int2str` (conversion nombre entier->chaîne) et `num2str` (conversion nombre réel->chaîne).

7.8.4 Lecture/écriture formatée de fichiers

Lire l'intégralité d'un fichier sur une chaîne, puis la découper

string = `fileread('file_name')`

Cette fonction lit l'intégralité du fichier-texte *file_name* et retourne son contenu sur le vecteur colonne *string* de type chaîne

[*status*, *string*] = **dos('type** *file_name***')**
[*status*, *string*] = **unix('cat** *file_name***')**

Cette instruction lit également l'intégralité du fichier-texte *file_name*, mais le retourne sur un vecteur ligne *string* de type chaîne. On utilisera la première forme sous Windows, et la seconde sous Linux ou MacOS.

Ex: La première instruction ci-dessous "avale" le fichier **essai.txt** sur le vecteur ligne de chaîne **fichier_entier** (vecteur ligne car on transpose le résultat de **fileread**). La seconde découpe cette chaîne selon les sauts de ligne (**\n**) de façon à charger le tableau cellulaire **fichier_lignes** à raison d'une ligne du fichier par cellule.

```
fichier_entier =  fileread ('essai.txt')' ;
fichier_lignes =  strread (fichier_entier, '%s', 'delimiter', '\n') ;
```

La fonction textread

[*vec1*, *vec2*, *vec3* ...] = **textread(***file_name*, *format* **{**,*n***})**

Fonction simple et efficace de **lecture d'un fichier**-texte *file_name* dont l'ensemble des données répond à un *format* homogène. Les données peuvent être délimitées par un ou plusieurs <espace>, <tab>, voire même saut(s) de ligne (<new line>). La lecture s'effectue ainsi en "**format libre**" (comme avec **sscanf** et **fscanf**).

- Le vecteur-colonne *vec1* recevra la 1ère "colonne" du fichier, le vecteur *vec2* recevra la 2e colonne, *vec3* la 3e, et ainsi de suite... La lecture s'effectue jusqu'à la fin du fichier, à moins que l'on spécifie le nombre *n* de fois que le *format* doit être réutilisé.
- Le nombre de variables *vec1 vec2 vec3*... et leurs types respectifs découlent directement du *format*
- Si *vec-i* réceptionne des chaînes de caractères, il sera de type "tableau cellulaire", en fait vecteur-colonne cellulaire (sous Octave jusqu'à la version 2.1.x c'était un objet de type "liste")

Les "spécifications de conversion" de format **%u** , **%d** , **%f** et **%s** peuvent être utilisées avec **textread** sous MATLAB et Octave.
Sous Octave seulement on peut en outre utiliser les spécifications **%o** et **%x** .
Sous MATLAB seulement on peut encore utiliser :

- **M** **%[...]** : lit la plus longue chaîne contenant les caractèrens énumérés entre [ ]
- **M** **%[^...]** : lit la plus longue chaîne non vide contenant les caractèrens non énumérés entre [ ]

Ex:
Soit le **fichier-texte** de données **ventes.txt** suivant :

```
10001     Dupond    Livres       12    23.50
10002     Durand    Classeurs    15     3.95
10003     Muller    DVDs          5    32.00
10004     Smith     Stylos       65     2.55
10005     Rochat    CDs          25    15.50
10006     Leblanc   Crayons     100     0.60
10007     Lenoir    Gommes       70     2.00
```

et le **script** MATLAB/Octave suivant :

```
[No_client, Nom, Article, Nb_articles, Prix_unit] = ...
   textread('ventes.txt', '%u %s %s %u %f') ;

Montant = Nb_articles .* Prix_unit ;

disp('     Client [No    ]       Nb  Articles     Prix unit.         Montant  ')
disp('   --------- -------   -----  ---------   -----------      ------------')
format = ' %10s [%d]   %5d  %-10s %8.2f Frs      %8.2f Frs\n' ;

for no=1:1:length(No_client)
  fprintf(format, Nom{no}, No_client(no), Nb_articles(no), ...
                 Article{no}, Prix_unit(no), Montant(no) ) ;
end

disp(' ')
fprintf('                                              TOTAL      %8.2f Frs \n', ...
                      sum(Montant) )
```

Attention : bien noter, ci-dessus, les accolades pour désigner éléments de **Nom{}** et de **Article{}** . Ce sont des "tableaux cellulaires" dont on pourrait aussi récupérer les éléments, sous forme de chaîne, avec :
char(Nom(no)) , **char(Article(no))** .

L'**exécution** de ce script: lit le fichier, calcule les montants, et affiche ce qui suit :

```
     Client [No    ]      Nb  Articles     Prix unit.         Montant
  --------- -------    -----  ---------   -----------      ------------
     Dupond [10001]       12  Livres         23.50 Frs        282.00 Frs
```

```
    Durand [10002]       15  Classeurs       3.95 Frs          59.25 Frs
    Muller [10003]        5  DVDs           32.00 Frs         160.00 Frs
     Smith [10004]       65  Stylos          2.55 Frs         165.75 Frs
    Rochat [10005]       25  CDs            15.50 Frs         387.50 Frs
   Leblanc [10006]      100  Crayons         0.60 Frs          60.00 Frs
    Lenoir [10007]       70  Gommes          2.00 Frs         140.00 Frs

                                                TOTAL        1254.50 Frs
```

La fonction textscan

Cette fonction est capable à la fois de lire un **fichier** ou de décoder une **chaîne**.

vec_cel = `textscan(file_id, format {,n})`

Lecture formatée d'un **fichier**-texte identifié par son handle `file_id` (voir ci-dessous) et dont l'ensemble des données répond à un `format` homogène.
La lecture s'effectue jusqu'à la fin du fichier, à moins que l'on spécifie le nombre `n` de fois que le `format` doit être réutilisé.
Dans le format, on peut notamment utiliser `\r`, `\n` ou `\r\n` pour *matcher* respectivement les caractères de fin de lignes <CR> (Mac), <LF> (Unix/Linux) ou <CR-LF> (Windows)
La fonction retourne un vecteur-ligne cellulaire *vec_cel* dont la longueur correspond au nombre de spécifications du format. Chaque cellule contient un vecteur-colonne de type correspondant à la spécification de format correspondante.

vec_cel = `textscan(string, format {,n})`

Opère ici sur la **chaîne** `string`

Ex: on peut lire le fichier `ventes.txt` ci-dessus avec :

```
file_id = fopen('ventes.txt', 'rt');
  vec_cel = textscan(file_id, '%u %s %s %u %f');
fclose(file_id);
```

et l'on récupère alors dans `vec_cel{1}` le vecteur de nombre des No, dans `vec_cel{2}` le vecteur cellulaire des Clients, dans `vec_cel{3}` le vecteur cellulaire des Articles, etc...

Fonctions classiques de manipulation de fichiers (de type ANSI C)

file_id = `fopen(file_name, mode)`
`[file_id, message_err ] = fopen(file_name, mode)`

Ouvre le fichier de nom défini dans la variable-chaîne `file_name`, et retourne le "handle" (poignée) *file_id* qui permettra de le manipuler par les fonctions décrites plus bas.

Le `mode` d'accès au fichier sera défini par l'une des chaînes suivantes :

- `'rt'` ou `'rb'` ou `'r'` : lecture seule (**r**ead)
- `'wt'` ou `'wb'` ou `'w'` : écriture, avec création du fichier si nécessaire (**w**rite)
- `'at'` ou `'ab'` ou `'a'` : ajout à la fin du fichier, avec création du fichier si nécessaire (**a**ppend)
- `'rt+'` ou `'rb+'` ou `'r+'` : lecture et écriture, sans création
- `'wt+'` ou `'wb+'` ou `'w+'` : lecture et écriture avec écrasement du contenu
- `'at+'` ou `'ab+'` ou `'a+'` : lecture et ajout à la fin du fichier, avec création du fichier si nécessaire)

Le fait de spécifier `b`, `t` ou aucun de ces deux caractères dans le `mode` a la signification suivante :

- `b` ou rien : ouverture en mode "binaire" (mode par défaut)
- `t` : ouverture en mode "texte"

Sous **Windows** ou **Macintosh**, il est important d'utiliser le mode d'ouverture "texte" si l'on veut que les fins de ligne soient correctement interprétées !

En cas d'échec (fichier inexistant, protégé, etc...), *file_id* reçoit la valeur "-1". On peut aussi récupérer un message d'erreur explicite sur `message_err`.
Handle prédéfinis (toujours disponibles, correspondant à des canaux n'ayant pas besoin d'être "ouverts") :

- `1` : correspond à la "sortie standard" ("stdout", fenêtre de commande MATLAB/Octave) et peut donc être utilisé pour l'affichage à l'écran
- `2` : correspond au canal "erreur standard" ("stderr") et peut aussi être utilisé pour l'affichage d'erreurs
- `0` : correspond à l'"entrée standard" ("stdin", saisie au clavier depuis fenêtre de commande MATLAB/Octave).

Pour offrir à l'utilisateur la possibilité de désigner le nom et emplacement du fichier à ouvrir/créer à l'aide d'une **fenêtre de dialogue** classique (interface utilisateur graphique), on se réfèrera aux fonctions `uigetfile` (lecture de fichier), `uiputfile` (écriture de fichier) et `zenity_file_selection` présentées au chapitre

"**Interfaces-utilisateur graphiques**". Pour sélectionner un répertoire, on utilisera la fonction `uigetdir`.

[*file_name*, *mode*] = `fopen(file_id)`
Pour un fichier déjà ouvert de handle `file_id` spécifié, retourne son nom *file_name* et le *mode* d'accès.

`freport()`
Affiche la **liste** de tous les fichiers ouverts, avec *file_id*, *mode* et *file_name*.
On voit que "stdin", "stdout" et "stderr" sont pré-ouverts !

{*status*=} `fclose(file_id)`
`fclose('all')`
Referme le fichier de handle `file_id` (respectivement tous les fichiers ouverts). Le *status* retourné est "0" en cas de succès, et "-1" en cas d'échec.
A la fin de l'exécution d'un script ayant ouvert des fichiers, tous ceux-ci sont automatiquement refermés, même en l'absence de `fclose`.

variable = `fscanf(file_id, format {,size})`
[*variable*, *count*] = `fscanf(file_id, format {,size})`
Fonction de **lecture formatée** ("*file **scan** formated*") du fichier-texte identifié par son handle `file_id`.
Fonctionne de façon analogue à la fonction `sscanf` vue plus haut (à laquelle on renvoie le lecteur pour davantage de précision), sauf qu'on lit ici sur un fichier et non pas sur une chaîne de caractères.
Remarque importante : en l'absence du paramètre `size` (décrit plus haut sous `sscanf`), `fscanf` tente de lire (avaler, "slurp") l'intégralité du fichier (et non pas seulement de la ligne courante comme `fgetl` ou `fgets`).

Ex:
Soit le **fichier-texte** suivant :

```
10001     Dupond
  Livres      12    23.50
10002     Durand
  Classeurs   15     3.95
```

La **lecture** des données de ce fichier avec `fscanf` s'effectuerait de la façon suivante :

```
file_id = fopen('fichier.txt', 'rt') ;
no = 1 ;
while ~ feof(file_id)
  No_client(no)    = fscanf(file_id,'%u',1) ;
  Nom{no,1}        = fscanf(file_id,'%s',1) ;
  Article{no,1}    = fscanf(file_id,'%s',1) ;
  Nb_articles(no) = fscanf(file_id,'%u',1) ;
  Prix_unit(no)    = fscanf(file_id,'%f',1) ;
  no = no + 1 ;
end
status = fclose(file_id) ;
```

[*variable*, *count*] = `scanf(format {,size})`
Fonction spécifiquement Octave de lecture formatée sur l'entrée standard (donc au clavier, handle `0`). Pour le reste, cette fonction est identique à `fscanf`.

line = `fgetl(file_id)`
Lecture, **ligne par ligne** ("*file **get** line*"), du fichier-texte identifié par le handle `file_id`. A chaque appel de cette fonction on récupère, sur la variable *line* de type chaîne, la ligne suivante du fichier (sans le caractère de fin de ligne).

string = `fgets(file_id {,nb_car})`
Lecture, par **groupe** de `nb_car` ("*file **get** string*"), du fichier-texte identifié par le handle `file_id`. En l'absence du paramètre `nb_car`, on récupère, sur la variable *string*, la ligne courante inclu le(s) caractère(s) de fin de ligne (<cr> <lf> dans le cas de Windows).

{*count*=} `fskipl(file_id ,nb_lignes)`
Avance dans le fichier `file_id` en **sautant** `nb_lignes` ("*file **skip** lines*"). Retourne le nombre *count* de lignes sautées (qui peut être différent de *nb_lignes* si l'on était près de la fin du fichier).

{*status*=} `feof(file_id)`
Test si l'on a atteint la **fin du fichier** identifié par le handle `file_id` : retourne "1" si c'est le cas, "0" si non. Utile pour implémenter une boucle de lecture d'un fichier.

Ex: voir l'usage de cette fonction dans l'exemple `fscanf` ci-dessus

`frewind(file_id)`

Se (re)positionne au **début** du fichier identifié par le handle `file_id`.
Pour un positionnement précis **à l'intérieur** d'un fichier, voyez les fonctions :

- `fseek(file_id, offset, origin)` : positionnement `offset` octets après `origin`
- `position = ftell(file_id)` : retourne la `position` courante dans le fichier

{*count*=} **`fprintf(file_id, format, variable(s)... )`**

Fonction d'**écriture formatée** ("***f****ile* ***print*** ***f****ormated*") sur un fichier-texte identifié par son handle `file_id`, et retourne le nombre *count* de caractères écrits. Fonctionne de façon analogue à la fonction `sprintf` vue plus haut (à laquelle on renvoie le lecteur pour davantage de précision), sauf qu'on écrit ici sur un fichier et non pas sur une chaîne de caractères.

{*count*=} **`fprintf(format, variable(s)... )`**
{*count*=} **`printf(format, variable(s)... )`**

Utiliser `fprintf` en omettant le `file_id` (qui est est identique à utiliser le `file_id` "`1`" représentant la sortie standard) ou `printf` (spécifique à Octave), provoque une écriture/affichage à l'écran (i.e. dans la fenêtre de commande MATLAB/Octave).

Ex: affichage de la fonction y=exp(x) sous forme de tableau avec :

```
x=0:0.05:1 ; exponentiel=[x;exp(x)] ; fprintf('   %4.2f   %12.8f \n',exponentiel)
```

{*status*=} **`fflush(file_id)`**

Envoie les sorties en attente sur un fichier ouvert en écriture (flush pending output)

7.8.5 Autres fonctions de lecture/écriture de fichiers

`fread(...)` et **`fwrite(...)`**

Fonctions de lecture/écriture **binaire** (non formatée) de fichiers... présentant à notre avis moins d'intérêt que les fonctions de lecture/écriture formatée de fichier-texte vue plus haut. Voyez l'aide pour davantage d'information.

7.9 Réalisation d'interfaces-utilisateur graphiques (GUI)

MATLAB offre depuis longtemps des fonctionnalités relatives à l'élaboration d'interfaces-utilisateur graphiques (GUI, Graphical User Interface).

Sous **Octave-Forge**, les développements dans ce sens sont plus récent et, comme s'agissant des backends graphiques, l'approche est plus modulaire et s'appuie sur des librairies existantes. La compatibilité entre GNU Octave et MATLAB n'est donc, à ce niveau, pas (encore) assurée.

7.9.1 Quelques fonctions GUI utiles sous MATLAB et GNU Octave

Les fonctions `uigetfile` , `uiputfile` et `uigetdir` font leur apparition sous Octave à partir de la version 3.4 !

`[file_name, path] = uigetfile('filtre' {,'titre_dialogue'} {,x,y} )`

Fait apparaître à l'écran une fenêtre graphique de dialogue standard de désignation de fichier (selon figure ci-dessous). Fonction utilisée pour désigner un fichier à ouvrir en **lecture**, en suite de laquelle on utilise en principe la fonction `fopen` ... Une fois le fichier désigné par l'utilisateur (validé par bouton M `[Ouvrir]` ou O `[OK]`), le nom du fichier est retourné sur la variable `file_name` , et le chemin d'accès complet de son dossier sur la variable `path` . Si l'utilisateur referme cette fenêtre avec le bouton M `[Annuler]` ou O `[Cancel]` , cette fonction retourne `file_name = path = 0`

• La chaîne `titre_dialogue` s'inscrit dans la barre de titre de cette fenêtre
• Le `filtre` permet de spécifier le type des fichiers apparaissant dans cette fenêtre. Par exemple `*.dat` ne présentera que les fichiers ayant l'extension `.dat` (à moins que l'utilisateur ne choisisse "All files (*.*)" dans le menu déroulant "Fichiers de type:")
• La fenêtre sera positionnée à l'écran de façon que son angle supérieur gauche soit aux coordonnées `x,y` par rapport à l'angle supérieur gauche de l'écran

Fenêtre de dialogue de désignation de fichier

Ex: le code ci-dessous fait désigner par l'utilisateur un fichier, puis affiche son contenu (pour les fonctions `fopen` , `feof` , `fgetl` , `fprintf` et `fclose` , voir le chapitre **Entrées-sorties...**)

```
[fichier, chemin] = uigetfile('*.dat','Choisir le fichier à ouvrir :');
if fichier == 0
   disp('Aucun fichier n''a été désigné !')
else
   fid = fopen([chemin fichier], 'rt');  % entre crochets, concaténation
                                          % du chemin et du nom de fichier
   while ~ feof(fid)
      ligne = fgetl(fid);
      fprintf('%s\n', ligne)
   end
   status=fclose(fid);
end
```

`[file_name, path] = uiputfile('fname' {,'titre_dialogue'} {,x,y} )`

Fait apparaître une fenêtre de dialogue standard de **sauvegade** de fichier (en suite de laquelle on fait en principe un `fopen` ...). Le nom de fichier `fname` sera pré-inscrit dans la zone "Nom de fichier" de cette fenêtre. De façon analogue à la fonction `uigetfile` , le nom de fichier défini par l'utilisateur sera retourné sur la variable `file_name` , et le chemin complet d'accès au dossier sélectionné sur la variable `path` . Si un fichier de même nom existe déjà, MATLAB/Octave demandera une confirmation d'écrasement.

Ex: `[fichier, chemin] = uiputfile('resultats.dat','Sauver sous :');`

`path = uigetdir( {'path_initial' {,'titre_dialogue' } } )`

Fait apparaître à l'écran une fenêtre graphique de dialogue standard de **sélectionnement de répertoire**, et retourne le chemin de celui-ci sur *path*
• Le `path_initial` permet de positionner la recherche à partir du path ainsi spécifié. Si ce paramètre est omis, le positionnement initial s'effectue sur le répertoire courant
• La chaîne `titre_dialogue` s'inscrit dans la barre de titre de cette fenêtre

handle= `waitbar(x {,'texte'} )`

Affiche une barre de progression ("thermomètre") de longueur définie par le paramètre *x* dont la valeur doit être comprise entre 0.0 (barre vide) et 1.0 (barre pleine). On utilise cette fonction pour faire patienter l'utilisateur en lui indiquant la progression d'un traitement d'une certaine durée. Cette fonction apparaît sous Octave depuis la version 3.6.
Cette barre se présente sous la forme d'une fenêtre graphique que l'on pourra refermer avec `close(handle)`.
Attention, seul le 1er appel à `waitbar` peut contenir le paramètre *texte* (qui s'affichera au-dessus de la barre), sinon autant de fenêtre seront crées que d'appels à cette fonction !

Sous Octave, voyez plus bas la fonction analogue `zenity_progress`

Ex: :

```
barre = waitbar(0,'Patientez...');
for k=1:50
   pause(0.1)
     % pour les besoins de l'exemple, on
     %    fait ici une pause en lieu et
     %    place d'autres instructions...
   waitbar(k/50)
end
close(barre)
```

Chapitre encore en cours de rédaction

7.9.2 Quelques fonctions GUI utiles sous GNU Octave

Possibilités offertes par Zenity

Zenity est un outil du monde GNU/Linux sous GNOME permettant d'afficher aisément, depuis des scripts, des widgets basées sur les librairies GTK+ et Glade. Un package Octave-Forge, également nommé `zenity`, permet d'accéder aux possibilités de cet outil via des fonctions Octave nommées `zenity_*`

Installation sous Windows

- Le package Octave-Forge `zenity` est déjà intégré à la distribution Octave 3.2.x Windows MinGW, et il est en mode autochargé. Vous pouvez vérifier cela avec la commande `pkg describe -verbose zenity` (qui donne une description du package et la liste des fonctions implémentées)
- Il est cependant encore nécessaire d'installer Zenity au niveau Windows. On peut utiliser le portage Windows fourni par **http://www.placella.com/software/zenity/**, à savoir le kit d'installation **zenity-2.28.0_win32-3.exe**. L'exécution de celui-ci installera Zenity, complètera le PATH Windows (par le chemin `emplacement_zenity\bin\`, PATH enregistré par la fonction built-in `EXEC_PATH`) et définira la variable d'environnement Windows ZENITY_DATADIR (chemin `emplacement_zenity\share`). Il sera dès lors possible d'utiliser les fonctions `zenity_*` depuis Octave

Installation sous GNU/Linux Ubuntu

- Sous Ubuntu, le simple fait d'installer le package Octave-Forge `octave-zenity` installera, par dépendance, le package de base `zenity` (s'il n'est pas déjà là).

Installation sous MacOS X

Il vous faudra installer le portage DarwinPorts de Zenity, puis le package Octave zenity. Mais nous n'avons pas testé cette procédure, donc faites-nous signe si ça fonctionne !

Brève illustration des fonctions zenity_* sous Octave

Nous présentons ces fonctions sous forme d'exemples. Pour davantage de détails, référez-vous à l'aide en-ligne avec `help zenity_fonction`. Les illustrations ci-dessous proviennent de Octave Zenity sous Ubuntu 10.04.

Boîte d'**information** :

```
zenity_message('Message d'info\nsur plusieurs lignes', 'info');
```

Notez la présence du `\n` pour passer à la ligne

Boîte d'**avertissement** :

```
zenity_message('Message d''avertissement...', 'warning');
```

Boîte d'**erreur** :

```
zenity_message('Message d''erreur...', 'error');
```

Pour afficher un message/avertissement/erreur dans la **zone de notification** Windows ou Linux, on utilisera `zenity_notification` de façon analogue à `zenity_message`

Question **oui/non** :

```
true_false = zenity_message('Voulez-vous... ?', 'question')
```

Affichage d'**information** dans un champ de plusieurs lignes :

```
zenity_text_info('Information', "Une longue info\n sur plusieurs lignes\nnon editable", true)
```

Notez ici la nécessité, compte tenu des `\n`, d'entourer la chaîne par
des guillemets (et non pas apostrophes).
Notez aussi la présence du 3e paramètre, par opposition à l'exemple suivant.

Saisie dans un champ de **plusieurs lignes** :

```
chaine = zenity_text_info('Votre commentaire', 'a inserer ici...')
```

Saisie dans **champ** simple :

```
chaine = zenity_entry('Pays', 'Suisse')
```


Saisie dans **champ caché** :

```
chaine = zenity_entry('Mot de passe', '', true)
```


Choix à partir d'une **liste** :

```
chaine = zenity_list('Choisir',{'Couleur'}, ...
   {'rouge','bleu','vert'})
```

Les 2e et 3e paramètres doivent être des tableaux cellulaires de chaînes

Choix multiple dans une liste :

```
tabcell = zenity_list('Choisir', ...
   {'Choix','Couleur'}, ...
   {'TRUE','FALSE','TRUE'; ...
     'rouge','bleu','vert'}, ...
   'checklist')
```

Semble bugé sous Octave 3.2.4 Windows+Linux au niveau retour d'info.

Choix d'une ligne dans un **tableau** :

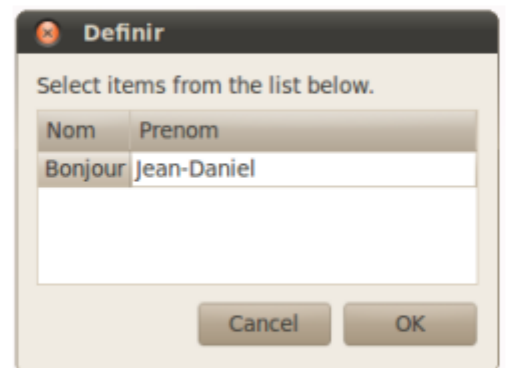
```
chaine = zenity_list('Age et taille', ...
   {'Age', 'Taille'}, ...
   {'10', '120cm'; '20', '180cm'}')
```

On récupère ici seulement l'âge.
Pour récupérer toute la ligne (sur tableau cellulaire), ajouter le paramètre `'all'`

Remarquez qu'on peut trier les lignes en cliquant sur les en-têtes de colonne

Saisie de **plusieurs champs** en ligne :

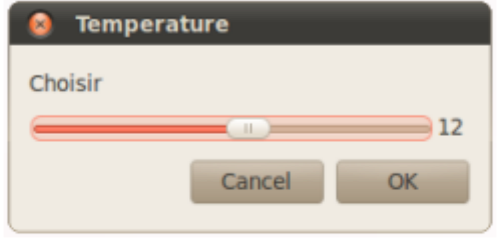
```
tabcell = zenity_list('Definir', ...
  {'Nom','Prenom'}, ...
  {'editer...','editer...'}', ...
  'editable','all')
```



Définition d'une valeur par **slider** :

```
nombre = zenity_scale('Temperature', ...
  'Choisir', 12, -10, 30, 2)
```

Le 3e paramètre est la valeur par défaut, le 4e la valeur minimum, le 5e la
valeur maximum, et le 6e est le pas lorsque l'on actionne le curseur avec
les touches de clavier <fléche-gauche> et <fléche-droite>

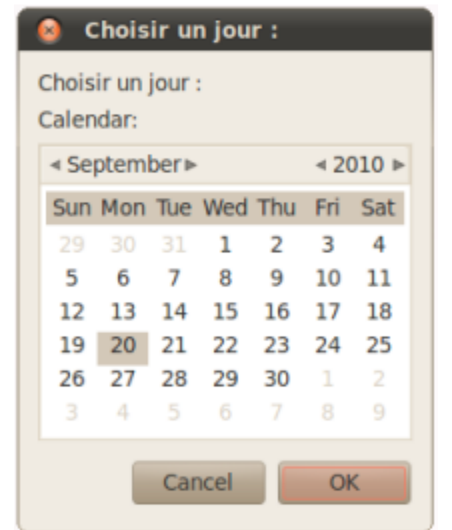


Sélection d'une **date** (jour/mois/année) :

```
jour_chaine = zenity_calendar('Choisir un jour
:', 20,9,2010)
```

La date spécifiée (jour/mois/année) aux 2e à 4e param. est la valeur par défaut

Bugé sous Octave 3.2.4 Windows (mais pas Linux) au niveau retour
d'information (message d'erreur: datevec...)



Sélection d'un **fichier existant** (voir Illustration ci-dessous) :

```
fichier = zenity_file_selection('Choisir fichier')
```

Définition d'un **fichier a créer** :

```
fichier = zenity_file_selection('Fichier a créer', 'save')
```

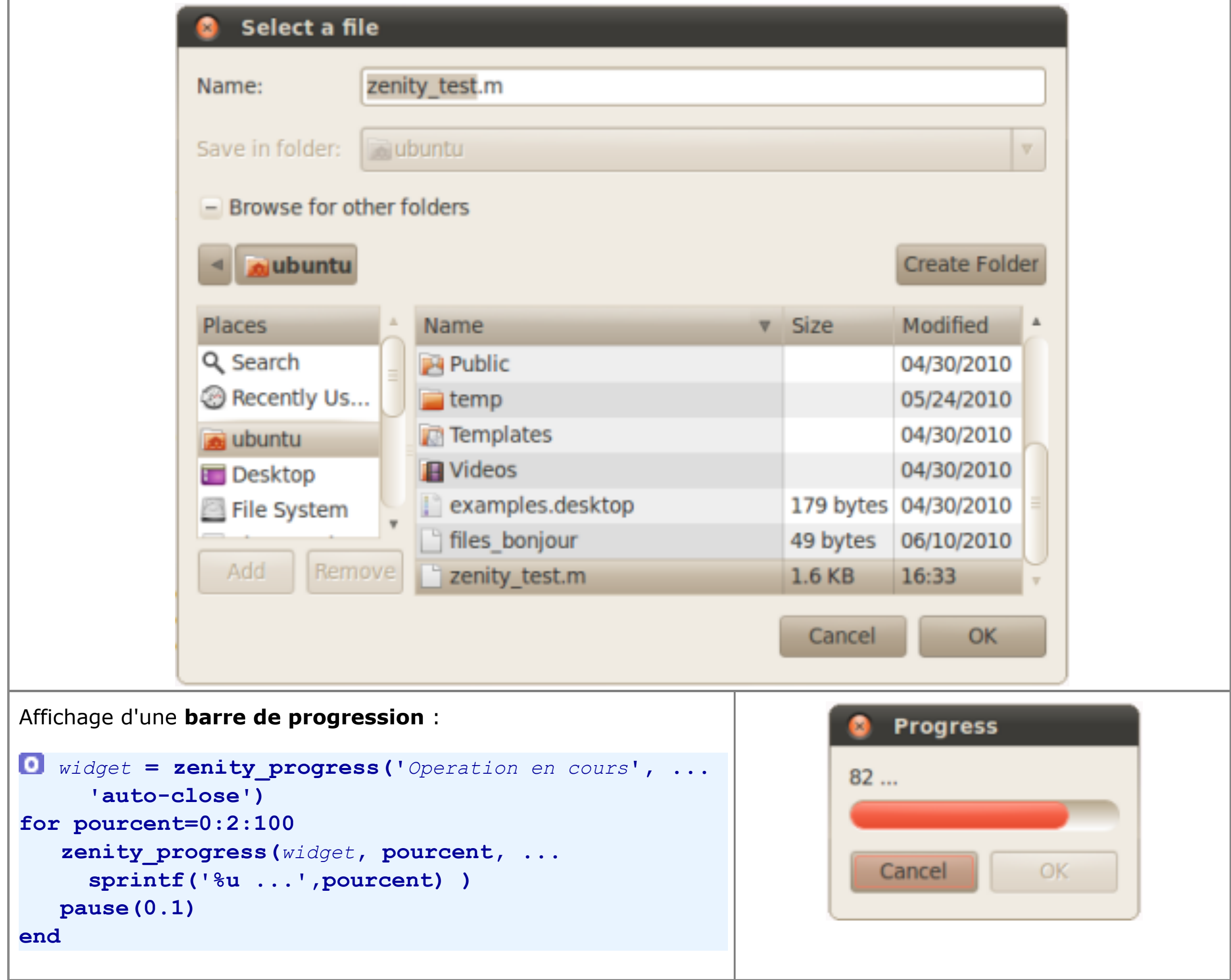
Sélection multiple de **plusieurs fichiers** existants :

```
fichiers_tabcell = zenity_file_selection('Choisir fichier(s)', 'multiple')
```

Sélection d'un **répertoire** existant :

```
dossier = zenity_file_selection('Choisir dossier', 'directory')
```

IMPORTANT : sous **Linux**, ce qui est retourné sur les variables `fichier` et `répertoire` ci-dessus c'est une chaîne de caractère contenant le path absolu suivi du nom de fichier (par exemple `/home/dupond/exos_matlab/mon_fichier.txt`). Sous **Windows** par contre, cette fonction `zenity_file_selection` retourne dans tous les cas un tableau cellulaire dans lequel une cellule contient la lettre de lecteur sans le `:\` , et l'autre cellule contient le path suivi du nom de fichier (par exemple `Z` dans la 1ère cellule, et `\exos_matlab\mon_fichier.txt` dans la seconde)



Affichage d'une **barre de progression** :

```
widget = zenity_progress('Operation en cours', ...
    'auto-close')
for pourcent=0:2:100
   zenity_progress(widget, pourcent, ...
     sprintf('%u ...',pourcent) )
   pause(0.1)
end
```

Documentation CC BY-SA 3.0 / J.-D. BONJOUR (jean-daniel.bonjour@epfl.ch) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 24-09-2012

0. Installation et configuration de GNU Octave et packages Octave-Forge

*Cette page est destinée à toute personne (étudiant, enseignant, chercheur...) souhaitant installer sur sa propre machine le logiciel libre **GNU Octave** et ses extensions **Octave-Forge**, constituant un environnement logiciel de calcul scientifique/numérique, programmation et grapheur hautement compatible avec **MATLAB** (une sorte de "clone" MATLAB).*

0.1 Avant-propos

Les étudiants peuvent généralement se procurer officiellement, sur leur campus, une licence personnelle "MATLAB Student Version" permettant un usage sur leur machine privée dans le cadre des études (CD d'installation de **MATLAB**, **Simulink** et de quelques toolboxes, vendu au prix de CHF 120.- environ). Pour ceux qui sont partisan du modèle du "logiciel libre" (ou qui ne veulent pas investir un tel montant), **GNU Octave** représente actuellement la meilleure alternative libre/open-source (gratuite et utilisable sans restriction) à MATLAB.

Il existe encore d'**autres alternatives** libres dans le domaine du calcul scientifique, mais moins (ou pas du tout) compatibles avec MATLAB. Elles sont mentionnées dans notre chapitre "**Qu'est-ce que MATLAB et GNU Octave ?**".

GNU Octave se compose d'un **noyau** de base (Octave Core, **http://www.gnu.org/software/octave/**) et d'extensions implémentées sous la forme de **packages** (concept analogue aux *toolboxes* MATLAB) distribués via la plateforme **SourceForge** (**http://octave.sourceforge.net/**. Nous décrivons ci-après son installation sur les principaux systèmes d'exploitation :

- **GNU/Linux**
- **Windows**
- **MacOS X**

Mentionnons encore ici qu'il existait autrefois une interface graphique à Octave assez connue sous le nom de **QtOctave** (pour Windows/Linux/MacOSX, basée le toolkit/framework Qt). Le développement de cette interface ayant cessé mi-2011, nous ne la présentons plus (mais les anciennes informations à ce sujet sont conservées pour mémoire sous **ce lien**).

0.2 Installation de Octave sous GNU/Linux

0.2.0 Généralités sur l'installation de Octave sous GNU/Linux

Sous Linux, l'installation de Octave est en principe simple et "naturelle", car ce logiciel est né dans le monde Unix où il est depuis longtemps "packagé" pour la plupart des distributions Linux (paquets *.deb, *.rpm...), de même que Gnuplot (backend graphique traditionnel de Octave) ainsi que d'autres outils annexes, tous distribués via les "dépôts" standards (*repositories*) de ces distributions.

De façon générale, les étapes de base d'installation de Octave sous Linux (indépendamment du type de distribution) consistent donc à installer les paquets généralement nommés: `octave` (noyau de base Octave), les paquets `octave-`*`package`* (*packages* Octave-Forge, anciennement rassemblés dans un seul package qui était nommé "octave-forge") et `gnuplot`. Voir aussi nos indications dans le chapitre consacré aux "**Packages Octave-Forge**".

Pour un aperçu des portages Octave sur les différentes distributions Linux, voyez le **wiki Octave**.

0.2.1 Installation et configuration de Octave sous Ubuntu

0.2.1.1 Introduction

Les différentes versions de **Octave** et **Gnuplot**, pour les dernières versions de Ubuntu, sont :

- Ubuntu **10.04** LTS (Lucid Lynx) : Octave 3.2.3 | Gnuplot 4.2.6
- Ubuntu **10.10** (Maverick Meerkat) : Octave 3.2.4 | Gnuplot 4.4.0
- Ubuntu **11.04** (Natty Narwhal) : Octave 3.2.4 | Gnuplot 4.4.2
- Ubuntu **11.10** (Oneiric Ocelot) : Octave 3.2.4 | Gnuplot 4.4.3
- Ubuntu **12.04** LTS (Precise Pangolin) : Octave 3.2.4 | Gnuplot 4.4.3
- Ubuntu **12.10** (Quantal Quetzal) : Octave 3.6.2 | Gnuplot 4.6.0

On constate donc que le packaging Octave officiel sous Ubuntu n'a pas suivi l'évolution des versions GNU Octave depuis Ubuntu 10.10 jusqu'à Ubuntu 12.04 (resté figé à Octave 3.2.4). S'agissant de Ubuntu 12.04, c'est particulièrement gênant, car il s'agit d'une version LTS (supportée jusqu'en 2017) et l'on a ainsi une version d'Octave datant de 2010. Il existe cependant un packaging Octave alternatif (non officiel) pour Ubuntu 12.04 que nous présentons ci-dessous.

0.2.1.2 Installation *alternative* de GNU Octave 3.6.1 sous Ubuntu 12.04

Comme indiqué ci-dessus, si vous installez GNU Octave sous Ubuntu 12.04 via les dépôts Ubuntu officiels, vous obtiendrez la vieille version Octave 3.2.4.

Pour disposer de Octave 3.6.1, nous vous proposons la **procédure** suivante basée sur le packaging alternatif de Sam Miller :

1. définition du dépôt alternatif : `sudo apt-add-repository ppa:picaso/octave`
2. mise à jour de la BD de packages : `sudo apt-get update`
3. installation proprement dite de Octave : `sudo apt-get install octave`
4. installation de la documentation Octave : `sudo apt-get install octave-doc octave-htmldoc octave-info`

A ce stade, vous disposerez de : **Octave Core 3.6.1** sans packages mais y compris le backend graphique **FLTK**/OpenGL, la **documentation** Octave, et **Gnuplot 4.4.3**.

Si vous désirez installer des **packages Octave**, continuez alors ainsi :

5. installation des header-files et mkoct-script : `sudo apt-get install liboctave-dev`
6. spécifiquement en vue de l'installation du package Octave "strings", faites : `sudo apt-get install libpcre3-dev`
7. spécifiquement en vue de l'installation du package Octave "java", faites : `sudo apt-get install openjdk-7-jdk`
8. au sein de Octave, vous pourriez maintenant installer individuellement les packages souhaités avec la commande `pkg install -forge` *package*
   mais si vous souhaitez installer "à la volée" une 70aine des packages Octave-Forge les plus utiles, récupérez sur votre machine notre script **instal_octaveforge_packages_361ubuntu.m**
9. pour que ces packages soient installés proprement en faveur de tous les comptes/utilisateurs de votre machine, lancez maintenant Octave en mode super-utilisateur avec la commande : `sudo octave`
10. puis exécutez le script ci-dessus en frappant : `instal_octaveforge_packages_361ubuntu` ; notez que cela va durer 10 à 15 minutes, et que vous verrez défiler passablement de warnings (c'est "normal", n'y prenez pas garde)
11. si l'installation de ces packages se déroule normalement, elle devrait s'achever avec le message "*Tout est termine ! Sortie normale de Octave...*" ; si ce n'est pas le cas, éditez le script, écartez toutes les lignes correspondant à ce qui a été installé correctement, relancez Octave avec `sudo octave`, et ré-exécutez le script...
12. si tout s'est bien déroulé, en passant dans Octave la commande `pkg list` vous deviez voir tous les packages installés en mode auto-load (nom du package suivi d'une étoile), à l'exception des packages suivants que notre script n'a à dessein pas mis en mode auto-load :
    - windows : plante Octave si on fait un 'clear all'
    - nan : ce package masque beaucoup de fonctions de statistiques
    - secs2d : génère 2 warnings au load
    - ocs : génère plein de warnings au load
    - dataframe : génère des erreurs quand on utilise fonction 'plot'
13. en utilisateur normal (non-superutilisateur), si vous recevez le message "*error: permission denied ; ignoring octave_exception while preparing to exit*" lorsque vous quittez Octave, faites ceci :
    - sous Octave passez la commande `history_file`, et notez le *chemin_et_fichier* qu'il vous indique (il s'agit du fichier de l'historique des commandes)
    - puis quittez Octave, et sous Linux passez la commande `sudo chmod ugo+rw` *chemin_et_fichier*

Voyez encore le chapitre "Configuration de Octave sous Linux..." ci-après.

0.2.1.3 Installation *standard* de GNU Octave 3.6.2 sous Ubuntu 12.10

Le packaging Octave aura enfin rattrapé son retard sous Ubuntu 12.10, et la procédure d'installation de Octave sera alors à nouveau standard et simplifiée. Comme Ubuntu 12.10 n'est pas encore sorti au moment où nous écrivons ces lignes, la **procédure** ci-après est donnée sous toute réserve :

1. installation de Octave core : `sudo apt-get install octave`
   cela installera Octave Core 3.6.2 y compris le backend graphique FLTK/OpenGL mais sans packages, Gnuplot 4.6.0 (package `gnuplot-x11`)
2. installation de la documentation Octave (aux formats PDF, HTML, info) : `sudo apt-get install octave-doc octave-htmldoc octave-info`

Pour installer ensuite des **packages** Octave-Forge, il y a alors 2 méthodes possibles :

a. Installer les paquets Octave-Forge *packagés* par Debian/Canonical (depuis les **dépôts Ubuntu**) :
   - la liste de ces packages est visible sous Ubuntu avec la commande `apt-cache search ~noctave-` (le `~n` désigne par expression régulière les packages dont le nom contient `octave-`) ; en outre la commande `apt-cache show octave-package` fournit des informations sur le package spécifié
   - pour l'installation proprement dite d'un package, dans une fenêtre terminal passez la commande (dans un shell Linux et non pas sous Octave) : `sudo apt-get install octave-package`

   L'avantage de cette méthode est que les paquets dépendants (au niveau Ubuntu et/ou Octave) seront automatiquement installés

b. Installer les paquets Octave-Forge en allant les chercher à la source (**SourceForge**) et en les compilant (méthode décrite au chapitre "**Packages Octave-Forge**") :
   - vous trouvez sous **http://octave.sourceforge.net/packages.php** la liste (et description) des packages disponibles
   - pour l'installation proprement dite, lancez d'abord Octave en mode super-utilisateur avec `sudo octave` puis passez la commande Octave : `pkg install -auto -forge package`
     (utilisez l'option `-auto` si vous désirez que le paquet soit auto-chargé au prochain démarrage de Octave)

   L'avantage de cette méthode est qu'elle vous permet d'installer des packages Octave-Forge qui ne sont pas encore *packagés* par Debian/Canonical, ou installer ceux-ci dans une version plus récente.

Il serait finalement encore possible, sous Ubuntu 12.10, d'installer l'interface graphique **QtOctave** bien que le développement de celle-ci soit terminé. Il s'agit du package Ubuntu `qtoctave` .

0.2.1.4 Configuration de Octave sous Linux et autres remarques

Pour terminer, quelques remarques et conseils utiles :

A. L'**éditeur** de M-files configuré par défaut est emacs... qui n'est pas forcément votre éditeur préféré. Si vous souhaitez plutôt utiliser l'éditeur **Gedit** (éditeur de texte standard sous GNOME), il vous suffit d'introduire, dans votre prologue Octave, la commande `EDITOR('gedit')` . Ensuite, si l'éditeur Gedit ne fait pas de **coloriage syntaxique**, activez-le simplement avec: View > Highlight Mode > Scientific > Octave

B. Si vous constatez que, après avoir passé la commande `edit fichier.m` pour éditer un M-file, il n'est plus possible de travailler dans la fenêtre Octave tant que n'avez pas fermé l'éditeur, c'est que l'édition s'effectue de façon synchrone (ce que vous pouvez vérifier avec la commande `edit('get','mode')`). Passez alors en **mode asynchrone** (i.e. démarrage de l'éditeur en processus détaché) en introduisant, dans votre prologue Octave, la commande `edit('mode','async')`

C. Si la **barre d'icônes** est absente au haut de la fenêtre **Gnuplot**, introduisez, dans votre prologue Octave, la commande `putenv('GNUTERM','wxt')` .

0.3 Installation de Octave sous Windows

0.3.0 Généralités sur les différentes distributions Octave sous Windows

À l'origine, le projet Octave est né sous Unix/Linux. Au cours de son histoire, Octave a fait l'objet de différents "portages" sous Windows, en premier lieu sous l'environnement d'émulation Unix open-source **Cygwin**, puis compilé sous Microsoft Visual Studio C++, et finalement sous **MinGW** (Minimalist GNU for Windows) depuis 2008. Cela explique pourquoi on trouve plusieurs distributions et méthodes d'installation Octave.

L'état des portages binaires de GNU Octave sous **Windows** est décrit sur le **wiki Octave**. La situation est actuellement la suivante (été 2012) :

A. Le portage "traditionnel" basé **Cygwin** (qui constituait la distribution Octave-Forge standard jusqu'à la version 2.1.73) existe toujours, et il y a 2 façons de procéder pour l'installer :
   a. installer **Cygwin** (intégrant le compilateur C++ gcc), puis :
      - soit installer les différents packages binaires Octave pour Cygwin
      - soit télécharger les packages sources de Octave et les compiler soi-même (technique nécessitant du temps, des compétences... et davantage d'espace-disque)
   b. ou installer une distribution binaire complète, intégrant à la fois Cygwin et Octave ("bundle", ce qu'était la distribution Octave-Forge 2.1.73)

   A moins que vous n'utilisiez pas déjà Cygwin, nous ne vous recommandons pas cette distribution.

B. Depuis Octave 2.9, l'unique distribution Octave-Forge pour Windows distribuée via la plateforme open-source **SourceForge** était celle compilée dans l'environnement propriétaire Microsoft Visual Studio C++. Elle a cessé en 2009 (Octave 3.0.3) pour réapparaître en 2012 (Octave 3.6.1). Elle est dénommée **Octave for Windows Microsoft Visual Studio (MSVS)**. Nous renonçons à l'utiliser ici, car l'installation de packages supplémentaires dépend donc de Microsoft Visual Studio qui devrait être présent sur votre machine. Elle n'est cependant pas dénuée d'intérêt, car elle implémente dans sa version 3.6.2 une pré-version de l'interface graphique **Octave GUI** ainsi qu'un backend graphique **QtHandles** supplémentaire

C. Depuis Octave 3.0.5 (printemps 2009) une seconde distribution est apparue sur **SourceForge**, compilée quant à elle dans l'environnement libre **MinGW** (Minimalist GNU for Windows). Elle est dénommée **Octave for Windows MinGW** et intègre l'environnement de compilation, donc permet l'installation de packages supplémentaires. C'est celle que nous recommandons et dont nous décrivons ci-après l'installation.

0.3.1 Caractéristiques, installation et configuration de Octave-Forge 3.6.2 Windows MinGW

Distribué via **SourceForge**, ce portage Windows de Octave se compose de 2 kits d'installation : l'un contenant le noyau GNU Octave, l'autre une 70aine de packages Octave-Forge compilés. Pour faciliter l'installation de l'ensemble et le compléter par un bon éditeur, nous avons réalisé sur cette base notre propre package d'installation que nous présentons ici.

0.3.1.1 Caractéristiques

Releasée le 13.6.2012, cette version d'Octave intègre, dans le package spécifique que nous vous avons préparé, les composants suivants :

- noyau **GNU Octave 3.6.2**
- 77 packages Octave-Forge : voir la **liste détaillée** des packages intégrés à cette distribution
- deux backends graphiques :
  - nouveau backend basé sur le toolkit **FLTK**/OpenGL (Fast Light Toolkit)
  - **Gnuplot** 4.6.0
- différentes variantes des librairies BLAS/ATLAS (algèbre linéaire...) optimisées pour différents types de processeurs
- compilateur **MinGW32** GCC 4.6.2 (*native Windows port of the GNU Compiler Collection (GCC), with freely distributable import libraries and header files for building native Windows applications*) nécessaire à l'installation de packages
- MSYS tool chain (Minimal POSIX SYStem: Bourne Shell et commandes Unix de base, utilisé par le package manager Octave)
- ghostscript 9.0.5, pstoedit 3.60 (conversion PDF/Postscript en différents formats), fig2dev 3.2.5c (conversion de figures en différents formats)
- éditeur **Notepad++** 6.1.6
- documentation PDF et HTML de GNU Octave et Gnuplot

Les grandes **nouveautés** de cette version sont décrites dans **ce fichier** résultant de la commande `news` .

0.3.1.2 Étapes de l'installation

Procédure d'**installation** :

1. Téléchargez l'archive ZIP que nous avons préparée en cliquant sur **ce lien** (386 MB)
2. déballez celle-ci, idéalement dans un dossier à la racine du disque `C:\` en faisant `<clic-droite> Extraire tout...` dans `C:\` (sans préciser de dossier, et il créera automatiquement un dossier `Octave3.6.2MinGW`) ; si vous souhaitez déballer ailleurs, notez que le chemin d'accès à ce dossier ne doit absolument **pas** contenir de caractère <espace> (donc `C:\Program Files (x86)\` ne conviendrait pas !)
3. récupérez, dans ce dossier, le dossier de raccourcis "Octave-Raccourcis", et posez-le sur le bureau ou déplacez-le dans le menu Démarrer de Windows ; notez que si vous n'avez pas déballé Octave à l'emplacement indiqué ci-dessus, vous devrez mettre à jour la "cible" de tous ces raccourcis !
4. mettez à jour la propriété "Démarrer dans" du raccourci "GNU Octave" de façon qu'il pointe sur votre dossier de travail
5. vous pouvez maintenant lancer Octave à partir de ce raccourci
6. si vous n'avez pas déballé Octave à l'emplacement indiqué ci-dessus, vous devrez encore passer les commandes suivantes :

```
pkg rebuild -auto
pkg rebuild -noauto ad windows nan gsl secs2d
pkg rebuild -auto java
```

7. quittez Octave, relancez-le, et passez la commande `pkg list` pour vous assurer que l'ensemble des packages sont accessibles et "autoloaded", à l'exception des packages ad, windows, nan, gsl et secs2d que nous ne chargeons pas (ils généreraient des warnings au chargement, masqueraient des fonctions, voir planteraient Octave avec la commande `clear all`)

Octave-Forge est ainsi installé et occupe (tous les composants y compris Notepad++) 932 MB d'espace-disque (12'150 fichiers). A partir du dossier de raccourcis précité, vous avez également accès à la **documentation** sous forme PDF et HTML, ainsi qu'un accès direct au très bon **éditeur de programmation** libre Notepad++.

0.3.1.3 Configuration et remarques

Pour terminer, quelques remarques et conseils utiles :

A. Vous constaterez que nous avons intégré, dans cette distribution-maison, un **prologue** spécifique (celui qui est en usage dans les salles de PCs ENAC-SSIE). Nous affichons clairement, au démarrage d'Octave, ce qui est implémenté dans ce prologue.

B. **Configuration** de Octave :
• Pour personnaliser la **fenêtre de commande** (dimension, buffer, police de caractère et taille, couleurs...), celle-ci étant basée sur une fenêtre de commande standard Windows, il suffit de modifier les propriétés du **raccourci** de lancement "Octave" (puis passer en revue les différents onglets)
• Dans l'onglet "Raccourci", dans le champ "Démarrer dans:" (Start in:) vous pouvez définir le chemin du **dossier de travail** de base (home) et dans lequel sera notamment recherché votre éventuel **prologue** de démarrage personnel `.octaverc`
• Dans l'onglet "Options", laissez activée l'option "Mode insertion" (Insert mode), et activez en outre l'option "Mode d'édition rapide" (QuickEdit mode). Le **copier/coller** fonctionnera alors ainsi :
  - pour copier: sélectionner ce qu'il faut copier, et cliquer `<droite>` ou frapper `<enter>`
  - pour coller: cliquer simplement `<droite>`
• Si sous élaborez des scripts encodés en UTF-8 et manipulant des caractères accentués, il est essentiel d'utiliser une police de caractères TrueType (et non pas raster) dans la fenêtre de commande Octave, par exemple Lucida Console. Vous devrez, dans ce cas, aussi changer le code-page Windows avec `dos('chcp 65001')`

C. Concernant **certains bugs** de cette version de Octave :
• En raison d'un bug existant sous Windows depuis Octave 3.2.0, il ne faut **pas** que le **répertoire par défaut** soit la **racine d'un lecteur** Windows (sauf `C:\`); on a en effet constaté que dans ce cas (par exemple si votre répertoire de travail est à la racine `Z:\`), les M-files créés au cours de la session ne sont pas visibles/utilisables !
• L'usage de **caractères accentués** sous Windows depuis Octave 3.2.0 pose des problèmes de configuration. Pour un usage **interactif**, on peut passer la commande `dos('chcp 437')` (changement de code-page Windows en faveur du vieil encodage propriétaire IBM/PC DOS/OEM). S'agissant de **M-files** : s'ils sont encodés ISO-latin-1, l'affichage des caractères spéciaux dans la fenêtre Octave ne fonctionne pas ; il vaut donc mieux les encoder UTF-8 et appliquer la remarque du point B.
• Les packages "windows" et "ad" ne sont pas auto-loadés car ils feraient planter Octave (depuis la version 3.2.0) lorsque l'on passe la commande `clear all`

D. S'agissant de l'**éditeur Notepad++** :
• Si vous n'appréciez pas qu'à chaque démarrage Notepad++ vous ouvre les fichiers précédemment édités dans des onglets, faites: `Settings>Preferences` , puis passez dans l'onglet "MISC" et désactivez l'option "Remember current session for next launch"

E. Backend graphique **FLTK**/OpenGL :
• Ce backend, apparu avec Octave 3.4, est activé par défaut par notre prologue (en lieu et place de Gnuplot)
• La commande `available_graphics_toolkits` vous indique quels sont les *backends* disponibles, et

`graphics_toolkit('`*`backend`*`')` permet de changer de *backend*

F. Backend graphique **Gnuplot** :
   • Si vous désirez disposer de la **barre d'icônes** au haut de la fenêtre Gnuplot, il faut passer la commande `putenv('GNUTERM','wxt')` (à insérer idéalement dans votre prologue Octave). Ceci est déjà fait par notre prologue
   • Si la fenêtre Gnuplot vous semble **figée** (bug selon certaines versions de Windows), passez la commande `refresh`

G. Si l'on veut assigner le résultat d'une "**command-style fonction**" à une variable, il faut l'invoquer avec la syntaxe de fonction : exemple :
   • ne pas faire : `[USER_PKG, SYSTEM_PKG]= pkg list`
   • mais faire : `[USER_PKG, SYSTEM_PKG]= pkg('list')`

0.3.2 Anciennes versions de Octave-Forge pour Windows

On donne pour mémoire ici les liens vers les descriptions et documentations d'installation d'**anciennes versions** Octave :
2.1.42 Cygwin | **2.1.73 Cygwin** | **3.0.1 MSVC** | **3.0.3 MSVC** | **3.2.0 MinGW** | **3.2.4 MinGW** | **3.4.2 MinGW**

0.4 Installation de Octave sous MacOS X

0.4.1 Procédure d'installation et configuration de Octave.app 3.4.0 MacOS X

Comme sous Windows, Octave a également fait l'objet de différents "portages" sous MacOS X (basés Fink, MacPorts, Homebrew...). Voir à ce sujet le **wiki Octave**.

La distribution la plus simple à installer, que nous recommandons et décrivons ci-après, est le "bundle" distribué via **SourceForge**.

0.4.1.1 Caractéristiques

La dernière version date du 23.5.2011 et n'a jusqu'ici hélas pas évolué. Cette distribution binaire "Octave.app" intègre les composants suivants :

- noyau **GNU Octave 3.4.0**
- nouveau backend basé sur le toolkit **FLTK**/OpenGL (Fast Light Toolkit)
- backend graphique **Gnuplot** 4.4 patchlevel 3
- mais **aucun package** Octave-Forge n'est pré-installé dans cette distribution, et vous devrez donc les installer vous-même

0.4.1.2 Étapes d'installation et configuration

Cette installation est également décrite dans le **wiki Octave**.

Procédure d'installation de **Octave.app** :

1. Télécharger le **kit d'installation** depuis le site **SourceForge** (catégorie "Octave MacOSX Binary") (env. 120 MB) ; notez que depuis la version 3.4, Octave n'est disponible plus que pour l'architecture i386/Intel et nécessite MacOS X 10.4 ou supérieur (l'architecture ppc/PowerPC G4 n'est donc plus supportée)
2. puis ouvrir l'image-disque "**octave-*version*-i386.dmg**" qui a été téléchargée
3. par un glisser-déposer, déplacez le dossier "**Octave**" dans le dossier Applications de votre Mac ;
   attention: si vous le mettez ailleurs, le chemin de destination ne doit pas contenir d'espace ou de caractère spécial !
4. s'agissant des autres éléments contenus dans cette image-disque (dossier "**Doc**" contenant la documentation Octave en PDF, dossier "**Extras**" contenant l'image-disque pour l'installation Gnuplot, fichier "**Readme.html**"), déplacez-les sur votre disque dur où bon vous semble...

Procédure d'installation de **Gnuplot.app** (pas nécessaire si vous n'utiliserez que le backend **FLTK**/OpenGL) :

5. Commencez par vous assurer que Gnuplot n'est pas déjà installé sur votre machine en passant, depuis une fenêtre terminal, la commande `gnuplot`
6. si vous ne disposez pas du "**Apple X11 runtime environment**" sur votre machine, procédez à son installation (depuis le DVD 1 d'installation MacOS X) qui sera nécessaire pour utiliser Gnuplot en mode X11
7. puis ouvrez l'image-disque "**gnuplot-*version*-aqua-i386.dmg**" qui se trouve dans le dossier "**Extras**" précité
8. par un glisser-déposer, déplacez le dossier "**Gnuplot**" dans le dossier Applications de votre Mac
9. s'agissant des autres éléments contenus dans cette image-disque (dossier "**Docs**" contenant la documentation Gnuplot en PDF, fichier "**Readme.html**"), déplacez-les sur votre disque dur où bon vous semble...
10. si vous n'avez pas installé Gnuplot dans le dossier Applications, pour qu'Octave puisse le trouver il vous faut encore passer la commande :
    `sudo ln -sfv <emplacement de Gnuplot.app>/Contents/Resources/bin/gnuplot /usr/bin/gnuplot`

S'agissant des différents backends **graphiques** disponibles :

- le backend **FLTK**/OpenGL n'est pas activé par défaut (c'est encore Gnuplot) ;
  vous pouvez cependant l'utiliser en passant la commande `graphics_toolkit('fltk')` (commande à insérer idéalement dans votre prologue de démarrage Octave)
- s'agissant du backend traditionnel **Gnuplot** :
  - le mode wxTerminal n'est pas implémenté sous Gnuplot (la commande `putenv('GNUTERM','wxt')` est invalide), donc on ne dispose pas de barre d'icônes dans la fenêtre Gnuplot
  - Gnuplot offre le choix entre le mode graphique natif "aqua" (mode par défaut, ou commande `putenv('GNUTERM','aqua')`) qui ne permet cependant pas de zoomer interactivement dans une figure, et avec lequel la commande `close` ne marche pas
  - et le mode "x11" (`putenv('GNUTERM','x11')`) ne présentant pas les défauts du mode "aqua"
- RECOMMANDATION : dans l'ordre de préférence nous vous conseillons : d'utiliser d'abord FLTK, sinon tenter Gnuplot x11, et seulement en dernier ressort Gnuplot aqua

Ajout de packages **Octave-Forge** :

- Notez d'abord que le fichier **Readme.html** de Octave précise ce qui suit :

  - l'installation des packages nécessite que vous ayez installé la dernière version de "**Apple XCode Tools**" (se trouvant sur le l'un des **DVD's** d'installation MacOS X ; ou téléchargeable via le lien **http://developer.apple.com/xcode**, le cas échéant en créant préalablement un compte de log-in gratuit)
  - certains packages Octave-Forge (basés Fortran, ou dépendant de librairies manquantes sous MacOS) ne sont toutefois pas installables : Optiminterp, Spline-gcvspl...
  - il vaut mieux installer les packages de façon globale (avec `pkg install -global package.tar.gz`) que de façon locale à l'utilisateur courant; de cette façon ils prennent place dans le dossier Octave.app, et ce dossier pourrait être déplacé à un autre endroit sans risque...
- puis téléchargez/installez les packages nécessaires conformément aux indications données au chapitre "**Packages Octave-Forge**"

Configuration de l'**éditeur** de M-files :

- l'éditeur configuré par défaut est emacs... qui n'est pas très convivial pour un usager Apple !
- si vous souhaitez un éditeur plus convivial (TextEdit ne permettant pas, sauf configuration spéciale des Préférences, de sauvegarder en mode texte), nous vous conseillons par exemple l'éditeur gratuit **TextWrangler** (de la société BareBones, dérivé du célèbre **BBedit**)
  - téléchargement à partir de **http://www.barebones.com/products/textwrangler/**
  - installation (procédure Macintosh standard)
  - puis lancer interactivement cet éditeur ; attention: après l'étape d'enregistrement, il vous demande votre mot de passe pour mettre en place ce qui est nécessaire pour pouvoir le lancer en ligne de commande (/usr/bin /edit) ; si vous avez raté cette étape, vous pouvez/devez faire ça après coup sous TextWrangler avec `TextWrangler > Install Command Line Tools`
  - il suffit ensuite, dans votre prologue de démarrage Octave, de redéfinir l'éditeur par défaut avec la commande `EDITOR('edit')`
  - vous pourrez finalement éditer des M-files (scripts, fonctions) avec la commande `edit fichier.m`

Astuces, **configuration** de Octave.app, FAQ :

- voir le fichier **Readme.html** distribué avec Octave.app

Autres **remarques** sur cette version de Octave MacOSX :

- le manuel Octave n'est pas inclus dans ce release, donc la commande `doc` ne marche pas (mais la commande `help`, quant à elle, fonctionne bien) ; vous pouvez cependant télécharger le manuel Octave sous sa forme PDF via le lien au haut du menu principal de ce support de cours

Documentation **CC BY-SA 3.0** / **J.-D. BONJOUR** (**jean-daniel.bonjour@epfl.ch**) / EPFL-ENAC-IT / Rév. 23-09-2012

Octave Quick Reference

Octave Version 3.0.0

Starting Octave

`octave`	start interactive Octave session
`octave` *file*	run Octave on commands in *file*
`octave --eval` *code*	Evaluate *code* using Octave
`octave --help`	describe command line options

Stopping Octave

`quit` or `exit`	exit Octave
`INTERRUPT`	(*e.g.* `C-c`) terminate current command and return to top-level prompt

Getting Help

`help`	list all commands and built-in variables
`help` *command*	briefly describe *command*
`doc`	use Info to browse Octave manual
`doc` *command*	search for *command* in Octave manual
`lookfor` *str*	search for *command* based on *str*

Motion in Info

`SPC` or `C-v`	scroll forward one screenful
`DEL` or `M-v`	scroll backward one screenful
`C-l`	redraw the display

Node Selection in Info

`n`	select the next node
`p`	select the previous node
`u`	select the 'up' node
`t`	select the 'top' node
`d`	select the directory node
`<`	select the first node in the current file
`>`	select the last node in the current file
`g`	reads the name of a node and selects it
`C-x k`	kills the current node

Searching in Info

`s`	search for a string
`C-s`	search forward incrementally
`C-r`	search backward incrementally
`i`	search index & go to corresponding node
`,`	go to next match from last 'i' command

Command-Line Cursor Motion

`C-b`	move back one character
`C-f`	move forward one character
`C-a`	move to the start of the line
`C-e`	move to the end of the line
`M-f`	move forward a word
`M-b`	move backward a word
`C-l`	clear screen, reprinting current line at top

Inserting or Changing Text

`M-TAB`	insert a tab character
`DEL`	delete character to the left of the cursor
`C-d`	delete character under the cursor
`C-v`	add the next character verbatim
`C-t`	transpose characters at the point
`M-t`	transpose words at the point

[ ] surround optional arguments ... show one or more arguments

Killing and Yanking

`C-k`	kill to the end of the line
`C-y`	yank the most recently killed text
`M-d`	kill to the end of the current word
`M-DEL`	kill the word behind the cursor
`M-y`	rotate the kill ring and yank the new top

Command Completion and History

`TAB`	complete a command or variable name
`M-?`	list possible completions
`RET`	enter the current line
`C-p`	move 'up' through the history list
`C-n`	move 'down' through the history list
`M-<`	move to the first line in the history
`M->`	move to the last line in the history
`C-r`	search backward in the history list
`C-s`	search forward in the history list
`history` [-q] [*N*]	list *N* previous history lines, omitting history numbers if `-q`
`history -w` [*file*]	write history to *file* (`~/.octave_hist` if no *file* argument)
`history -r` [*file*]	read history from *file* (`~/.octave_hist` if no *file* argument)
`edit_history` *lines*	edit and then run previous commands from the history list
`run_history` *lines*	run previous commands from the history list
[*beg*] [*end*]	Specify the first and last history commands to edit or run.

If *beg* is greater than *end*, reverse the list of commands before editing. If *end* is omitted, select commands from *beg* to the end of the history list. If both arguments are omitted, edit the previous item in the history list.

Shell Commands

`cd` *dir*	change working directory to *dir*
`pwd`	print working directory
`ls` [*options*]	print directory listing
`getenv (`*string*`)`	return value of named environment variable
`system (`*cmd*`)`	execute arbitrary shell command string

Matrices

Square brackets delimit literal matrices. Commas separate elements on the same row. Semicolons separate rows. Commas may be replaced by spaces, and semicolons may be replaced by one or more newlines. Elements of a matrix may be arbitrary expressions, assuming all the dimensions agree.

`[` *x*`,` *y*`, ... ]`	enter a row vector
`[` *x*`;` *y*`; ... ]`	enter a column vector
`[` *w*`,` *x*`;` *y*`,` *z* `]`	enter a 2×2 matrix

Multi-dimensional Arrays

Multi-dimensional arrays may be created with the *cat* or *reshape* commands from two-dimensional sub-matrices.

`squeeze (`*arr*`)`	remove singleton dimensions of the array.
`ndims (`*arr*`)`	number of dimensions in the array.
`permute (`*arr*`,` *p*`)`	permute the dimensions of an array.
`ipermute (`*arr*`,` *p*`)`	array inverse permutation.
`shiftdim (`*arr*`,` *s*`)`	rotate the array dimensions.
`circshift (`*arr*`,` *s*`)`	rotate the array elements.

Sparse Matrices

`sparse (...)`	create a sparse matrix.
`speye (`*n*`)`	create sparse identity matrix.
`sprand (`*n*`,` *m*`,` *d*`)`	sparse rand matrix of density *d*.
`spdiags (...)`	sparse generalization of *diag*.
`nnz (`*s*`)`	No. non-zero elements in sparse matrix.

Ranges

base `:` *limit*

base `:` *incr* `:` *limit*

Specify a range of values beginning with *base* with no elements greater than *limit*. If it is omitted, the default value of *incr* is 1. Negative increments are permitted.

Strings and Common Escape Sequences

A *string constant* consists of a sequence of characters enclosed in either double-quote or single-quote marks. Strings in double-quotes allow the use of the escape sequences below.

`\\`	a literal backslash
`\"`	a literal double-quote character
`\'`	a literal single-quote character
`\n`	newline, ASCII code 10
`\t`	horizontal tab, ASCII code 9

Index Expressions

var `(`*idx*`)`	select elements of a vector
var `(`*idx1*`,` *idx2*`)`	select elements of a matrix
scalar	select row (column) corresponding to *scalar*
vector	select rows (columns) corresponding to the elements of *vector*
range	select rows (columns) corresponding to the elements of *range*
`:`	select all rows (columns)

Global and Persistent Variables

`global` *var1* `...`	Declare variables global.
`global` *var1* `=` *val*	Declare variable global. Set initial value.
`persistent` *var1*	Declare a variable as static to a function.
`persistent` *var1* `=` *val*	Declare a variable as static to a function and set its initial value.

Global variables may be accessed inside the body of a function without having to be passed in the function parameter list provided they are declared global when used.

Selected Built-in Functions

`EDITOR`	editor to use with `edit_history`
`Inf, NaN`	IEEE infinity, NaN
`NA`	Missing value
`PAGER`	program to use to paginate output
`ans`	last result not explicitly assigned
`eps`	machine precision
`pi`	π
`1i`	$\sqrt{-1}$
`realmax`	maximum representable value
`realmin`	minimum representable value

Copyright 1996, 1997, 2007 John W. Eaton Permissions on back

Assignment Expressions

var = *expr*	assign expression to variable
var (*idx*) = *expr*	assign expression to indexed variable
var (*idx*) = []	delete the indexed elements.
var {*idx*} = *expr*	assign elements of a cell array.

Arithmetic and Increment Operators

x + *y*	addition
x - *y*	subtraction
x * *y*	matrix multiplication
x .* *y*	element by element multiplication
x / *y*	right division, conceptually equivalent to `(inverse (y') * x')'`
x ./ *y*	element by element right division
x \ *y*	left division, conceptually equivalent to `inverse (x) * y`
x .\ *y*	element by element left division
x ^ *y*	power operator
x .^ *y*	element by element power operator
- *x*	negation
+ *x*	unary plus (a no-op)
x '	complex conjugate transpose
x .'	transpose
++ *x* (-- *x*)	increment (decrement), return *new* value
x ++ (*x* --)	increment (decrement), return *old* value

Comparison and Boolean Operators

These operators work on an element-by-element basis. Both arguments are always evaluated.

x < *y*	true if *x* is less than *y*
x <= *y*	true if *x* is less than or equal to *y*
x == *y*	true if *x* is equal to *y*
x >= *y*	true if *x* is greater than or equal to *y*
x > *y*	true if *x* is greater than *y*
x != *y*	true if *x* is not equal to *y*
x & *y*	true if both *x* and *y* are true
x | *y*	true if at least one of *x* or *y* is true
! *bool*	true if *bool* is false

Short-circuit Boolean Operators

Operators evaluate left-to-right. Operands are only evaluated if necessary, stopping once overall truth value can be determined. Operands are converted to scalars using the **all** function.

x && *y*	true if both *x* and *y* are true
x || *y*	true if at least one of *x* or *y* is true

Operator Precedence

Table of Octave operators, in order of increasing precedence.

; ,	statement separators
=	assignment, groups left to right
|| &&	logical "or" and "and"
| &	element-wise "or" and "and"
< <= == >= > !=	relational operators
:	colon
+ -	addition and subtraction
* / \ .* ./ .\	multiplication and division
' .'	transpose
+ - ++ -- !	unary minus, increment, logical "not"
^ .^	exponentiation

Paths and Packages

path	display the current Octave function path.
pathdef	display the default path.
addpath(*dir*)	add a directory to the path.
EXEC_PATH	manipulate the Octave executable path.
pkg list	display installed packages.
pkg load *pack*	Load an installed package.

Cells and Structures

var.*field* = ...	set a field of a structure.
var{*idx*} = ...	set an element of a cell array.
cellfun(*f*, *c*)	apply a function to elements of cell array.
fieldnames(*s*)	returns the fields of a structure.

Statements

for *identifier* = *expr* *stmt-list* **endfor**

Execute *stmt-list* once for each column of *expr*. The variable *identifier* is set to the value of the current column during each iteration.

while (*condition*) *stmt-list* **endwhile**

Execute *stmt-list* while *condition* is true.

break	exit innermost loop
continue	go to beginning of innermost loop
return	return to calling function

if (*condition*) *if-body* [**else** *else-body*] **endif**

Execute *if-body* if *condition* is true, otherwise execute *else-body*.

if (*condition*) *if-body* [**elseif** (*condition*) *elseif-body*] **endif**

Execute *if-body* if *condition* is true, otherwise execute the *elseif-body* corresponding to the first **elseif** condition that is true, otherwise execute *else-body*.
Any number of **elseif** clauses may appear in an **if** statement.

unwind_protect *body* **unwind_protect_cleanup** *cleanup* **end**

Execute *body*. Execute *cleanup* no matter how control exits *body*.

try *body* **catch** *cleanup* **end**

Execute *body*. Execute *cleanup* if *body* fails.

Strings

strcmp (*s*, *t*)	compare strings
strcat (*s*, *t*, ...)	concatenate strings
regexp (*str*, *pat*)	strings matching regular expression
regexprep (*str*, *pat*, *rep*)	Match and replace sub-strings

Defining Functions

function [*ret-list*] *function-name* [(*arg-list*)]
function-body
endfunction

ret-list may be a single identifier or a comma-separated list of identifiers delimited by square-brackets.

arg-list is a comma-separated list of identifiers and may be empty.

Function Handles

@*func*	Define a function handle to *func*.
@(*var1*, ...) *expr*	Define an anonymous function handle.
str2func (*str*)	Create a function handle from a string.
functions (*handle*)	Return information about a function handle.
func2str (*handle*)	Return a string representation of a function handle.
handle (*arg1*, ...)	Evaluate a function handle.
feval (*func*, *arg1*, ...)	Evaluate a function handle or string, passing remaining args to *func*

Anonymous function handles take a copy of the variables in the current workspace.

Miscellaneous Functions

eval (*str*)	evaluate *str* as a command
error (*message*)	print message and return to top level
warning (*message*)	print a warning message
clear *pattern*	clear variables matching pattern
exist (*str*)	check existence of variable or function
who, whos	list current variables
whos *var*	details of the variable *var*

Basic Matrix Manipulations

rows (*a*)	return number of rows of *a*
columns (*a*)	return number of columns of *a*
all (*a*)	check if all elements of *a* nonzero
any (*a*)	check if any elements of *a* nonzero
find (*a*)	return indices of nonzero elements
sort (*a*)	order elements in each column of *a*
sum (*a*)	sum elements in columns of *a*
prod (*a*)	product of elements in columns of *a*
min (*args*)	find minimum values
max (*args*)	find maximum values
rem (*x*, *y*)	find remainder of x/y
reshape (*a*, *m*, *n*)	reformat *a* to be *m* by *n*
diag (*v*, *k*)	create diagonal matrices
linspace (*b*, *l*, *n*)	create vector of linearly-spaced elements
logspace (*b*, *l*, *n*)	create vector of log-spaced elements
eye (*n*, *m*)	create *n* by *m* identity matrix
ones (*n*, *m*)	create *n* by *m* matrix of ones
zeros (*n*, *m*)	create *n* by *m* matrix of zeros
rand (*n*, *m*)	create *n* by *m* matrix of random values

Linear Algebra

chol (*a*)	Cholesky factorization
det (*a*)	compute the determinant of a matrix
eig (*a*)	eigenvalues and eigenvectors
expm (*a*)	compute the exponential of a matrix
hess (*a*)	compute Hessenberg decomposition
inverse (*a*)	invert a square matrix
norm (*a*, *p*)	compute the *p*-norm of a matrix
pinv (*a*)	compute pseudoinverse of *a*
qr (*a*)	compute the QR factorization of a matrix
rank (*a*)	matrix rank
sprank (*a*)	structural matrix rank
schur (*a*)	Schur decomposition of a matrix
svd (*a*)	singular value decomposition
syl (*a*, *b*, *c*)	solve the Sylvester equation

Equations, ODEs, DAEs, Quadrature

`*fsolve`	solve nonlinear algebraic equations
`*lsode`	integrate nonlinear ODEs
`*dassl`	integrate nonlinear DAEs
`*quad`	integrate nonlinear functions
`perror` (*nm*, *code*)	for functions that return numeric codes, print error message for named function and given error code

* See the on-line or printed manual for the complete list of arguments for these functions.

Signal Processing

`fft` (*a*)	Fast Fourier Transform using FFTW
`ifft` (*a*)	inverse FFT using FFTW
`freqz` (*args*)	FIR filter frequency response
`filter` (*a*, *b*, *x*)	filter by transfer function
`conv` (*a*, *b*)	convolve two vectors
`hamming` (*n*)	return Hamming window coefficients
`hanning` (*n*)	return Hanning window coefficients

Image Processing

`colormap` (*map*)	set the current colormap
`gray2ind` (*i*, *n*)	convert gray scale to Octave image
`image` (*img*, *zoom*)	display an Octave image matrix
`imagesc` (*img*, *zoom*)	display scaled matrix as image
`imread` (*file*)	load an image file
`imshow` (*img*, *map*)	display Octave image
`imshow` (*i*, *n*)	display gray scale image
`imshow` (*r*, *g*, *b*)	display RGB image
`imwrite` (*img*, *file*)	write images in various file formats
`ind2gray` (*img*, *map*)	convert Octave image to gray scale
`ind2rgb` (*img*, *map*)	convert indexed image to RGB
`rgb2ind` (*r*, *g*, *b*)	convert RGB to Octave image
`save a matrix to` *file*	

C-style Input and Output

`fopen` (*name*, *mode*)	open file *name*
`fclose` (*file*)	close *file*
`printf` (*fmt*, `...`)	formatted output to `stdout`
`fprintf` (*file*, *fmt*, `...`)	formatted output to *file*
`sprintf` (*fmt*, `...`)	formatted output to string
`scanf` (*fmt*)	formatted input from `stdin`
`fscanf` (*file*, *fmt*)	formatted input from *file*
`sscanf` (*str*, *fmt*)	formatted input from *string*
`fgets` (*file*, *len*)	read *len* characters from *file*
`fflush` (*file*)	flush pending output to *file*
`ftell` (*file*)	return file pointer position
`frewind` (*file*)	move file pointer to beginning
`freport`	print a info for open files
`fread` (*file*, *size*, *prec*)	read binary data files
`fwrite` (*file*, *size*, *prec*)	write binary data files
`feof` (*file*)	determine if pointer is at EOF

A file may be referenced either by name or by the number returned from `fopen`. Three files are preconnected when Octave starts: `stdin`, `stdout`, and `stderr`.

Other Input and Output functions

`save` *file var* `...`	save variables in *file*
`load` *file*	load variables from *file*
`disp` (*var*)	display value of *var* to screen

Polynomials

`compan` (*p*)	companion matrix
`conv` (*a*, *b*)	convolution
`deconv` (*a*, *b*)	deconvolve two vectors
`poly` (*a*)	create polynomial from a matrix
`polyderiv` (*p*)	derivative of polynomial
`polyreduce` (*p*)	integral of polynomial
`polyval` (*p*, *x*)	value of polynomial at x
`polyvalm` (*p*, *x*)	value of polynomial at x
`roots` (*p*)	polynomial roots
`residue` (*a*, *b*)	partial fraction expansion of ratio a/b

Statistics

`corrcoef` (*x*, *y*)	correlation coefficient
`cov` (*x*, *y*)	covariance
`mean` (*a*)	mean value
`median` (*a*)	median value
`std` (*a*)	standard deviation
`var` (*a*)	variance

Plotting Functions

`plot` (*args*)	2D plot with linear axes
`plot3` (*args*)	3D plot with linear axes
`line` (*args*)	2D or 3D line
`patch` (*args*)	2D patch
`semilogx` (*args*)	2D plot with logarithmic x-axis
`semilogy` (*args*)	2D plot with logarithmic y-axis
`loglog` (*args*)	2D plot with logarithmic axes
`bar` (*args*)	plot bar charts
`stairs` (*x*, *y*)	plot stairsteps
`stem` (*x*, *y*)	plot a stem graph
`hist` (*y*, *x*)	plot histograms
`contour` (*x*, *y*, *z*)	contour plot
`title` (*string*)	set plot title
`axis` (*limits*)	set axis ranges
`xlabel` (*string*)	set x-axis label
`ylabel` (*string*)	set y-axis label
`zlabel` (*string*)	set z-axis label
`text` (*x*, *y*, *str*)	add text to a plot
`legend` (*string*)	set label in plot key
`grid` [on|off]	set grid state
`hold` [on|off]	set hold state
`ishold`	return 1 if hold is on, 0 otherwise
`mesh` (*x*, *y*, *z*)	plot 3D surface
`meshgrid` (*x*, *y*)	create mesh coordinate matrices

Edition 2.0 for Octave Version 3.0.0. Copyright 1996, 2007, John W. Eaton (jwe@octave.org). The author assumes no responsibility for any errors on this card.

This card may be freely distributed under the terms of the GNU General Public License.

TeX Macros for this card by Roland Pesch (pesch@cygnus.com), originally for the GDB reference card

Octave itself is free software; you are welcome to distribute copies of it under the terms of the GNU General Public License. There is absolutely no warranty for Octave.