



GRAPHES

1 Graphes

Pour la représentation des graphes, deux packages sont bien appropriés : `pst-node`, `TikZ`. On pourra aussi utiliser `Xypic`. `Metapost` peut aussi être utilisé efficacement.

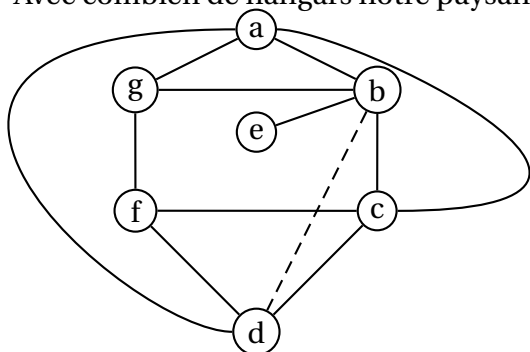
Exercice 1.

Un paysan stocke dans ses hangars divers produits (engrais, carburant, paille ...que l'on nommera ici a,b,c,d,e,f,g). L'Europe, aux exigences draconiennes, lui impose de stocker dans des endroits différents certains produits, selon le tableau suivant :

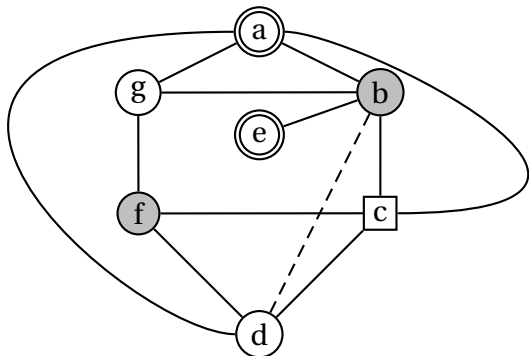
	a	b	c	d	e	f	g
a		x	x	x			x
b	x		x	x	x		x
c	x	x		x		x	
d	x	x	x			x	
e		x					
f			x	x			x
g	x	x				x	

Lecture de la ligne 1 : a ne peut être stocké ni avec b, ni avec c, ni avec d, ni avec g.

Avec combien de hangars notre paysan devra-t-il encore s'endetter ?

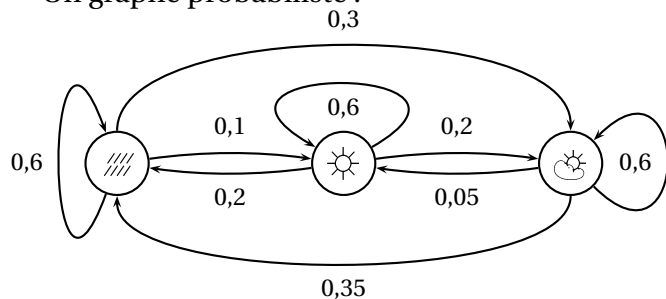


Une coloration minimale du graphe donne le nombre min de hangars :



**Exercice 2.**

Un graphe probabiliste :

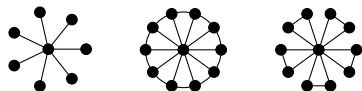


et la matrice associée :

$$T = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{///} & \text{☀} & \text{☀☁} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{///} \\ \text{☀} \\ \text{☀☁} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0,6 & 0,1 & 0,3 \\ 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 0,35 & 0,05 & 0,6 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Exercice 3.Définir une commande `\GrapheComplet` telle que `\GrapheComplet{n}` dessine le graphe complet à n sommets.**Exercice 4.**

Définir de même des commandes pour tracer des graphes étoiles, roues, moulin.

**2 Indications**

1. Pour les graphes.

→ Lire le paragraphe sur `pst-node` dans la doc de `PSTricks`.→ Ou lire le paragraphe `NODE` dans la doc de `TikZ`.2. Voir l'option `weather` de `ifsym` dans « The Comprehensive \LaTeX Symbol List » pour les symboles météo.

3. Matrice associée :

```
\[T=\bordermatrix{
&bord& bord & bord\cr
bord& a(1,1) & a(1,2) & a(1,3)\cr
bord& a(2,1) & a(2,2) & a(2,3)\cr
bord& a(3,1) & a(3,2) & a(3,3)\cr }]
```

4. Pour les boucles, il existe `\foreach` (`\usepackage{pgffor}`, chargé automatiquement lorsqu'on charge `tikz`). Il existe aussi la boucle `\multido` chargée par `\usepackage{multido}`.



3 Des solutions

Exercice 1. 1. Codage du tableau des incompatibilités entre produits.

Un paysan stocke dans ses hangars divers produits (engrais, carburant, paille \dots que l'on nommera ici a,b,c,d,e,f,g). L'Europe, aux exigences draconiennes, lui impose de stocker dans des endroits différents certains produits, selon le tableau suivant :

```
\begin{center}
% définition d'un tableau avec une colonne texte à gauche (l=left)
% et double barre sur sa droite (instruction |l|| )
% suivi de 7 colonnes au texte à droite : *{7}{r|}
\begin{tabular}{|l||*{7}{r|}}
\hline
&a&b&c&d&e&f&g\
\hline \hline
a&&\times&&\times&&\times&&\times&&\times&\
\hline
b&\times&&\times&&\times&&\times&&\times&\
\hline
c&\times&&\times&&\times&&\times&&\times&\
\hline
d&\times&&\times&&\times&&\times&&\times&\
\hline
e&&\times&&&&&&\
\hline
f&&&\times&&\times&&\times&\
\hline
g&\times&&\times&&&&\times&\
\hline
\end{tabular}\vspace{0.3cm}

{\small{Lecture de la ligne 1 :
  a ne peut être stocké ni avec b, ni avec c, ni avec d, ni avec g.}}
\end{center}
```

Avec combien de hangars notre paysan devra-t-il encore s'endetter ?

Le tableau contenant essentiellement des symboles mathématiques, il est plus naturel de le coder avec array :

```
\[
\begin{array}{|l||*{7}{r|}}
\hline
&a&b&c&d&e&f&g\
\hline \hline
a&&\times&&\times&&\times&&\times&\
\hline
```



```

\hline
b&\times&&\times&\times&\times&&\times\\
\hline
c&\times&\times&&\times&&\times&\\
\hline
d&\times&\times&\times&&\times&\\
\hline
e&&\times&&&&\\
\hline
f&&&\times&\times&&&\times\\
\hline
g&\times&\times&&&\times&\\
\hline
\end{array}
\]

```

2. Codage du graphe des incompatibilités entre produits : une solution avec `pst-node`.

```

\usepackage{pst-node}
\psset{unit=8mm}
\begin{pspicture}(-2,0)(5,6)
%%%%%%%% DEFINITION DES NOEUDS
% cnodeput(x,y){NomDeRéférence}{étiquette} :
% sommet encerclé placé aux coordonnées (x,y)
% étiquette :
% texte écrit dans le cercle-sommet
% NomDeRéférence :
% permet de faire référence à ce noeud, notamment pour définir les liaisons
\cnodeput(2,6){A}{a}
\cnodeput(4,5){B}{b}
\cnodeput(4,3){C}{c}
\cnodeput(2,1){D}{d}
\cnodeput(2,4.3){E}{e}
\cnodeput(0,3){F}{f}
\cnodeput(0,5){G}{g}
%%%%%%%%%% DEFINITION DES ARETES
% \ncline{A}{B} : segment joignant A à B
\ncline{A}{B}
% pour une arête "courbe" (courbe de Bézier) : \nccurve
% ncurvB=3 : paramètre pour la courbe de Bézier, essayez des valeurs...
\nccurve[ncurvB=3]{A}{C}
% angle=-180 : essayez d'autres valeurs, vous comprendrez vite le rôle
\nccurve[angle=-180,ncurvA=3]{A}{D}
\ncline{A}{G}
\ncline{B}{C}
% linestyle=dashed : arête en pointillés
\ncline[linestyle=dashed]{B}{D}
\ncline{B}{E}\ncline{B}{G}
\ncline{C}{D}\ncline{C}{F}

```

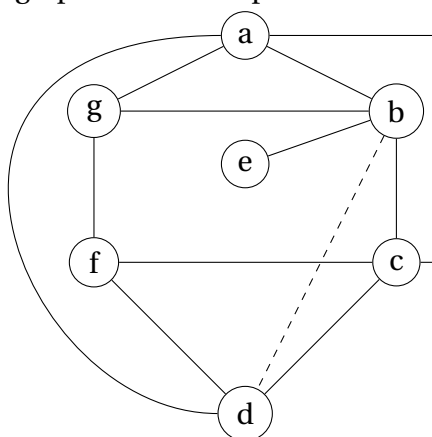


```
\ncline {D} {F}
\ncline {F} {G}
\end{pspicture}
```

Une coloration minimale du graphe :

```
\psset {unit=8mm}
\begin{pspicture}(-2,0)(5,6.5)
% définition des noeuds
\nodeput[doubleline=true](2,6){A}{a}
\nodeput[fillstyle=solid,fillcolor=lightgray](4,5){B}{b}
\rput(4,3){\rnode{C}{\psframebox{c}}}
\nodeput(2,1){D}{d}
\nodeput[doubleline=true](2,4.3){E}{e}
\nodeput[fillstyle=solid,fillcolor=lightgray](0,3){F}{f}
\nodeput(0,5){G}{g}
% définition des arêtes
\ncline {A} {B}
\nccurve [ncurvB=3]{A} {C}
\nccurve [angle=-180,ncurvA=3]{A} {D}
\ncline {A} {G}
\ncline {B} {C}
\ncline [linestyle=dashed]{B} {D}
\ncline {B} {E} \ncline {B} {G}
\ncline {C} {D} \ncline {C} {F}
\ncline {D} {F}
\ncline {F} {G}
\end{pspicture}
```

3. Codage du graphe des incompatibilités entre produits : une solution avec tikz.



obtenu par le code :

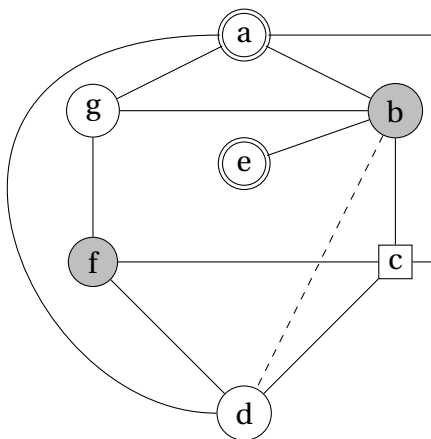
```
\begin{tikzpicture}
% les noeuds seront tous dessinés, entourés d'un cercle :
\tikzstyle {every node}=[draw,shape=circle];
% définition des noeuds :
```



```

\path
% (abscisse , ordonnée) du noeud , nom de réf : A, étiquette a :
(2,6) node(A){a}
% on pourrait choisir : nom de référence=étiquette
(4,5) node(B){b}
(4,3) node(C){c}
(2,1)node(D){d}
(2,4.3) node(E){e}
(0,3)node(F){f}
(0,5)node(G){g};
% tracé des arêtes en traits rectilignes continus :
\draw
(A)--(B)--(E)
(B)--(C)--(D)--(F)--(G)--(A)
(G)--(B)
(F)--(C);
% arête en pointillés :
\draw[dashed] (B)--(D);
% arête reliant A et C en passant par le point (4.5,5)
% on relie par un trait horizontal suivi d'un trait vertical A et (4.5,5)
% puis on relie (4.5,5) à C par un trait vertical suivi d'un horizontal :
\draw (A)-|(4.5,5)|-(C);
% arête 'bézier' de A à D avec 'tangente'
% de contrôle pour départ et arrivée :
\draw (A)..controls +(left:5cm) and +(left:3cm)..(D);
\end{tikzpicture}

```

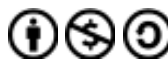


obtenu par :

```

\begin{tikzpicture}
% les noeuds seront tous dessinés :
\tikzstyle{every node}=[draw];
% définition des noeuds :
\path
(2,6) node[circle ,double,double distance=1.2pt](A){a}
(4,5) node[circle , fill=lightgray](B){b}

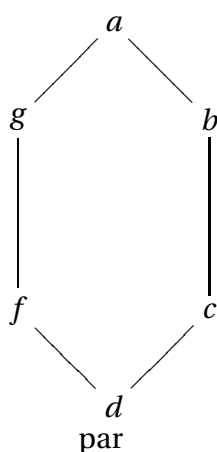
```



```
(4,3) node(C){c}
(2,1)node[ circle ](D){d}
(2,4.3) node[ circle ,double,double distance=1.2pt](E){e}
(0,3)node[ circle , fill=lightgray](F){f}
(0,5)node[ circle ](G){g};
% tracé des arêtes en traits rectilignes continus :
\draw
(A)--(B)--(E)
(B)--(C)--(D)--(F)--(G)--(A)
(G)--(B)
(F)--(C);
% arête en pointillés :
\draw[dashed] (B)--(D);
% arête reliant A et C en passant par le point (4.5,5)
\draw (A)--|(4.5,5)|-(C);
% arête 'bézier' de A à D avec 'tangente' de contrôle pour départ et arrivée :
\draw (A)..controls +(left:5cm) and +(left:3cm)..(D);
\end{tikzpicture}
```

4. Codage du graphe des incompatibilités entre produits : une solution avec \Xy-pic .

On obtient :



```
\usepackage[ all ]{xy}
\[
\xygraph{
[] a - [rd] b - [dd] c - [dl] d - [ul] f
- [uu] g - "a"
}
\]
```

Dans ce code : `[]a` désigne le noeud de “départ” qui sera marqué `a` et référencé par `"a"`.

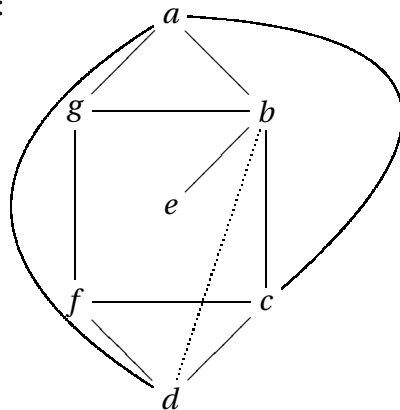
`-[rd] b` signifie que le noeud `a` est relié à un noeud `b` situé une unité vers la droite (`r` pour `right`) et une vers le bas (`d` pour `down`).

`-[dd] c` signifie que le noeud `b` sera lui-même relié à un noeud `c` situé deux unités en dessous.



Puis d est relié à f situé une unité au-dessus (u pour up) et une vers la gauche (l pour left), le noeud f est lui-même relié à g et g est relié à a (référéncé par "a").

On obtient alors :



par :

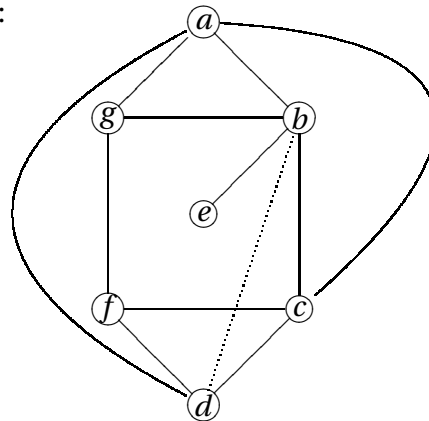
```
\usepackage[all]{xy}
\[
\xygraph{
[] a - [rd] b(-[ld] e) - [dd] c - [dl] d (-@{.} "b") - [ul] f (-"c")
- [uu] g (-"b") - "a" (-@/^6pc/"c")-@/_5pc/ "d"
}
\]
```

Dans ce code (-[ld] e) permet de relier b à e sans que e ne devienne le “nouveau” noeud de référence. La partie - [dd] c continuera donc à faire référence à b.

Le code @{.} signifie que l'on relie par une flèche en pointillés.

Les codes @/^/ et @/_/ signifient que l'on relie par une arête courbe (courbée en sens inverse pour les deux codes) et on précise la courbure avec 6pc, 5pc (essayez d'autres valeurs et aussi d'autres unités que le pica : mm par exemple...).

Si on préfère des graphes avec sommets cerclés :



on code :

```
\begin{xy}
\xygraph{
[] a*\cir{} - [rd] b*\cir{} (-[ld] e*\cir{})
- [dd] c*\cir{} - [dl] d*\cir{} (-@{.} "b")
}
```

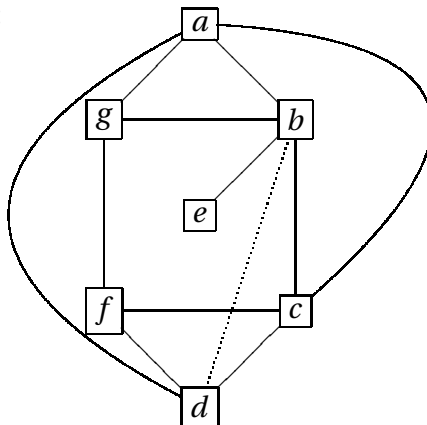



```

- [ul] f*\cir {} (-"c")
- [uu] g*\cir {} (-"b")
- "a" (-@/^6pc/"c")-@/_6pc/ "d"
}
\end{xy}

```

Ou des sommets encadrés :



ce qui s'obtient avec :

```

\begin{xy}
\xygraph{
[] **+[F]{a} - [rd] **+[F]{b} (-[ld] **+[F]{e})
- [dd] **+[F]{c} - [dl] **+[F]{d} (-@{.} "b") - [ul] **+[F]{f} (-"c")
- [uu] **+[F]{g} (-"b") - "a" (-@/^6pc/"c")-@/_6pc/ "d"
}
\end{xy}

```

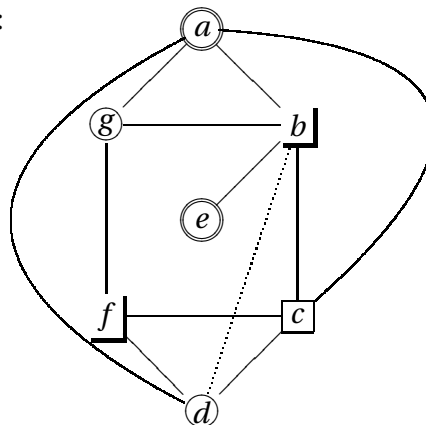
ou par :

```

\begin{xy}
\xygraph{
[] a*\frm{-} - [rd] b*\frm{-} (-[ld] e*\frm{-})
- [dd] c*\frm{-} - [dl] d*\frm{-} (-@{.} "b") - [ul] f*\frm{-} (-"c")
- [uu] g*\frm{-} (-"b") - "a" (-@/^6pc/"c")-@/_6pc/ "d"
}
\end{xy}

```

Coloration par les formes entourant les noeuds :





ce qui s'obtient par :

```
\begin{xy}
\xygraph{
[] a*\frm<.9em>{oo} - [rd] b*\frm{,} (-[ld] e*\frm<.9em>{oo})
- [dd] c*\frm{-} - [dl] d*\frm{o} (-@{.} "b") - [ul] f*\frm{,} ("c")
- [uu] g*\frm{o} ("b") - "a" (-@/^6pc/"c")-@/_6pc/ "d"
}
\end{xy}
```

Exercice 2. 1. Solution avec `pst-node`.

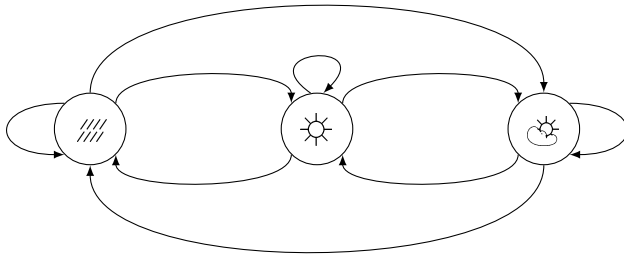
```
\usepackage[weather]{ifsym} % pour les trois symboles météo
\usepackage{pst-node}
\psset{unit=10mm}
\begin{pspicture}(-1,-1)(6,3)
% définition des noeuds
\ncodeput(0,1){A}{\Rain}
\ncodeput(3,1){B}{\Sun}
\ncodeput(6,1){C}{\SunCloud}
% définition des arêtes et pondération des arêtes
\footnotesize % pour le texte en petit
% flèche de A =Rain vers B=Sun avec la pondération 0,1 :
\ncarc{->}{A}{B}\Aput{0,1}
\ncarc{->}{B}{A}\Aput{0,2}
\ncarc{->}{B}{C}\Aput{0,2}
\ncarc{->}{C}{B}\Aput{0,05}
% arête incurvée de A=Rain vers C=SunCloud
% angle=90 : position de départ et d'arrivée sur les cercles sommets du graphe
% (vus comme des cercles trigos)
\ncurve[ncurv=0.5,angle=90]{->}{A}{C}\Aput{0,3}
\ncurve[ncurv=0.4,angle=-90]{->}{C}{A}\Aput{0,35}
% angleA=-110 : position de départ de la flèche par rapport au noeud de départ
% angleB=110 : position d'arrivée sur le noeud d'arrivée
% (ici noeud de départ =A= noeud d'arrivée) :
\ncurve[ncurv=6,angleA=-110,angleB=110]{->}{A}{A}\Aput{0,6}
\ncurve[ncurv=6,angleA=30,angleB=150]{->}{B}{B}\Aput{0,6}
\ncurve[ncurv=6,angleA=-45,angleB=45]{->}{C}{C}\Aput{0,6}
\end{pspicture}
```

et la matrice associée :

```
\[T=
\bordermatrix{
&\text{\Rain}&\text{\Sun}&\text{\SunCloud}\cr
\text{\Rain}&0,6 & 0,1 & 0,3\cr
\text{\Sun}&0,2 & 0,6 & 0,2\cr
\text{\SunCloud}&0,35 & 0,05 & 0,6\cr
}\]
```



2. Avec TikZ.



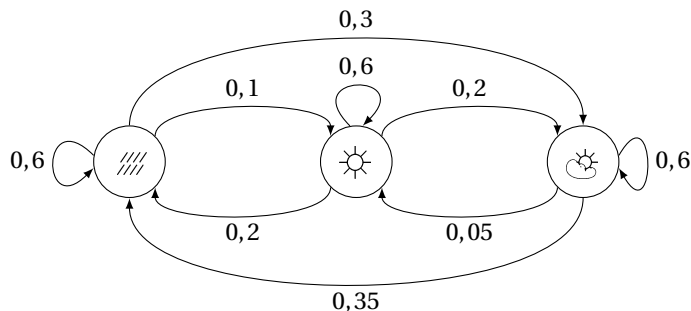
s'obtient par :

```

\begin{tikzpicture}[>=latex]
% [>=latex] : option pour la forme des pointes de flèches
% les noeuds seront tous dessinés et encerclés :
\tikzstyle{every node}=[draw,circle];
% définition des noeuds :
\path
% (abscisse , ordonnée) du noeud , nom de réf : A, étiquette \Rain :
(0,0) node(A){\ Rain}
(3,0) node(B){\ Sun}
(6,0) node(C){\ SunCloud};
% tracé des arêtes :
\draw[>](A.north east)..controls +(up:0.5cm) and +(up:0.5cm)..(B.north west);
\draw[>](B.south west)..controls +(down:0.5cm) and +(down:0.5cm)..(A.south east);
\draw[>](B.north east)..controls +(up:.5cm) and +(up:.5cm)..(C.north west);
\draw[>](C.south west)..controls +(down:.5cm) and +(down:.5cm)..(B.south east);
\draw[>](A)..controls +(up:2cm) and +(up:2cm)..(C);
\draw[>](C)..controls +(down:2cm) and +(down:2cm)..(A);
% tracé des boucles :
\draw[>](A.north west)..controls +(left:1cm) and +(left:1cm)..(A.south west);
\draw[>](C.north east)..controls +(right:1cm) and +(right:1cm)..(C.south east);
\draw[>](B.100)..controls +(145:1cm) and +(45:1cm)..(B.80);
\end{tikzpicture}

```

Il nous reste à ajouter les pondérations :



```

\begin{tikzpicture}[>=latex]
% [>=latex] : option pour la forme des pointes de flèches
\begin{scope}

```

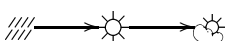


```

% les noeuds seront tous dessinés et encerclés dans le champ "scope" :
\tikzstyle{every node}=[draw,circle];
% définition des noeuds :
\path
% (abscisse , ordonnée) du noeud , nom de réf : A, étiquette \Rain
(0,0) node(A){\ Rain}
(3,0) node(B){\ Sun}
(6,0) node(C){\ SunCloud};
\end{scope}
% tracé des arêtes :
\footnotesize % pour écrire les pondérations en petit
\draw[>](A.north east)..controls +(up:0.5cm) and +(up:0.5cm)..(B.north west)
node[pos=0.5,above]{$0,1$};
% on peut remplacer pos=0.5 par midway :
% cela place la pondération au "milieu" de la flèche
% above : place la pondération légèrement
% au-dessus du trait de la flèche
\draw[>](B.south west)..controls +(down:0.5cm) and +(down:0.5cm)..(A.south east)
node[pos=0.5,below]{$0,2$};
\draw[>](B.north east)..controls +(up:.5cm) and +(up:.5cm)..(C.north west)
node[pos=0.5,above]{$0,2$};
\draw[>](C.south west)..controls +(down:.5cm) and +(down:.5cm)..(B.south east)
node[pos=0.5,below]{$0,05$};
\draw[>](A)..controls +(up:2cm) and +(up:2cm)..(C)node[pos=0.5,above]{$0,3$};
\draw[>](C)..controls +(down:2cm) and +(down:2cm)..(A)node[pos=0.5,below]{$0,35$};
% tracé des boucles :
\draw[>](A.170)..controls +(135:1cm) and +(225:1cm)..(A.190)
node[midway,left]{$0,6$};
\draw[>](C.10)..controls +(60:1cm) and +(-60:1cm)..(C.-10)
node[midway,right]{$0,6$};
\draw[>](B.100)..controls +(135:1cm) and +(45:1cm)..(B.80)
node[midway,above]{$0,6$};
\end{tikzpicture}

```

3. Avec \Xy-pic .

On obtient : 

avec :

```

\begin{xy}
\shorthandoff{;:;!}
\xygraph{
[] *\txt {\ Rain}="r" : [r]*\txt {\ Sun}="s" : [r]*\txt {\ SunCloud}="c"
}
\end{xy}

```

Pour un graphe orienté, : (arête avec flèche) a remplacé - (arête non orientée).

$\text{\shorthandoff{;:;!}}$ est parfois nécessaire pour des problèmes d'incompatibilité avec le module frenchb du package babel.



"r" ,="s" ,="c" servent à nommer les sommets (ce n'est pas indispensable).

Pour incurver les flèches :



obtenu par :

```
\begin{xy}
\shorthandoff{;:!?}
\xygraph{
[] *\txt{\Rain}="r" :@/^/ [r]*\txt{\Sun}="s" : @/^/ [r]*\txt{\SunCloud}="c"
}
\end{xy}
```

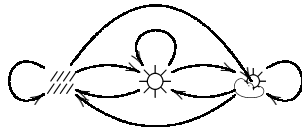
Pour une flèche en boucle :



qui s'obtient par :

```
\begin{xy}
\shorthandoff{;:!?}
\xygraph{
[] *\txt{\Rain}="r" :@/^/ [r]*\txt{\Sun}="s" (: @/ur,ul) "s" )
: @/^/ [r]*\txt{\SunCloud}="c"
}
\end{xy}
```

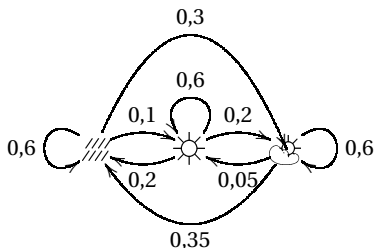
On obtient :



par :

```
\begin{xy}
\shorthandoff{;:!?}
\xygraph{
[] *\txt{\Rain}="r" (:@/^10mm/[rr], : @/lu,ld) "r" )
: @/^/ [r]*\txt{\Sun}="s" (:@/^/"r", : @/ur,ul) "s" )
: @/^/ [r]*\txt{\SunCloud}="c" (:@/^/"s", : @/ru,rd) "c" ,: @/^6mm/"r")
}
\end{xy}
```

On ajoute maintenant les pondérations des arêtes :



avec :

```
\begin{xy}
```

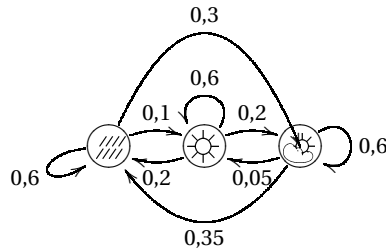


```

\shorthandoff {;:!?}
\xygraph{
[] *\txt{\Rain}="r" (:/@^15mm/[rr]^0,3) , : @(\lu,ld) "r"_{0,6})
: @/^/ [r]*\txt{\Sun}="s"^{0,1} (:/@^/"r"^{0,2}, : @(\ur,ul) "s"_{0,6} )
: @/^/ [r]*\txt{\SunCloud}="c"^{0,2}
(:/@^/"s"^{0,05}, : @(\ru,rd) "c"^{0,6}, : @/^10mm/"r"^{0,35})
}
\end{xy}

```

Pour encercler les sommets :



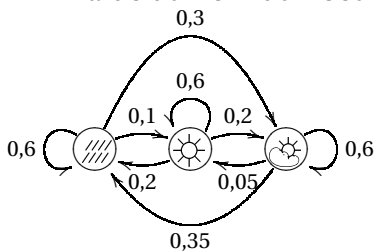
codé par :

```

\begin{xy}
\shorthandoff {;:!?}
\xygraph{
[] *[o]+[F]\txt{\Rain}="r" (:/@^15mm/[rr]^0,3) , : @(\lu,ld) "r"_{0,6})
: @/^/ [r]*[o]+[F]\txt{\Sun}="s"^{0,1} (:/@^/"r"^{0,2}, : @(\ur,ul) "s"_{0,6} )
: @/^/ [r]*[o]+[F]\txt{\SunCloud}="c"^{0,2}
(:/@^/"s"^{0,05}, : @(\ru,rd) "c"^{0,6}, : @/^10mm/"r"^{0,35})
}
\end{xy}

```

La flèche arrivant sur le soleil caché “rentre” dans le noeud, on corrige en définissant la liaison à l’aide du nom du noeud :



codé par :

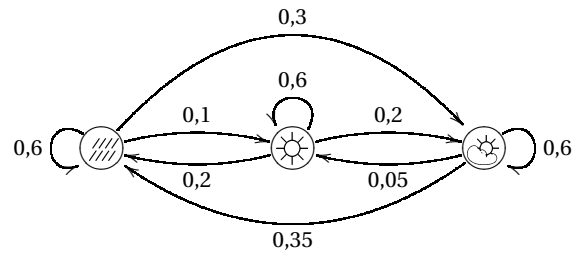
```

\begin{xy}
\shorthandoff {;:!?}
\xygraph{
[] *[o]+[F]\txt{\Rain}="r" ( : @(\lu,ld) "r"_{0,6})
: @/^/ [r]*[o]+[F]\txt{\Sun}="s"^{0,1} (:/@^/"r"^{0,2}, : @(\ur,ul) "s"_{0,6} )
: @/^/ [r]*[o]+[F]\txt{\SunCloud}=
"c"^{0,2} (:/@^/"s"^{0,05},
: @(\ru,rd) "c"^{0,6}, : @/^10mm/"r"^{0,35}) ,
"r" : @/^15mm/"c"^{0,3}
}

```

`\end{xy}`

Si on veut maintenant écarter un peu les sommets comme ça :



on pourra coder :

```
\begin{xy}
\shorthandoff{;:!?}
\xygraph{
[] *[o]+[F]\txt{\Rain}="r" ( : @(\lu,ld) "r"_{0,6})
: @/^/ [r(2)]*[o]+[F]\txt{\Sun}="s"^{0,1} (:@/^/"r"^{0,2}, : @(ur,ul) "s"_{0,6} )
: @/^/ [r(2)]*[o]+[F]
\txt{\SunCloud}="c"^{0,2} (:@/^/"s"^{0,05},
: @(ru,rd) "c"^{0,6}, : @/^10mm/"r"^{0,35}) ,
"r" : @/^15mm/"c"^{0,3}
}
\end{xy}
```

Exercice 3.

```
\usepackage{tikz}
\usepackage{multido}

% commande pour graphe complet
\newcounter{compteurB}
\newcounter{compteurC}

\newcommand{\GrapheComplet}[3]{
% paramètre 1 : nombre de sommets
% paramètre 2 : rayon du cercle sur lequel on place les sommets
% paramètre 3 : rayon du disque-sommet
% exemple : \GrapheComplet{5}{2cm}{2pt}

\begin{tikzpicture}
% on place les sommets sur un cercle de rayon #2 cm :
\foreach \x in {1,...,#1}
{\draw[fill] (360/#1*\x : #2) coordinate (a_{\x}) circle(#3);}

% on dessine maintenant les arêtes :

\setcounter{compteurC}{#1-1}
\multido{\idep=1+1}{\value{compteurC}}%
{\setcounter{compteurB}{\idep+1}
\multido{\iarr=\value{compteurB}+1}{\value{compteurC}}
```



```

{\draw (a_{\idep})--(a_{\iarr});}
\addtocounter{compteurC}{-1}
}

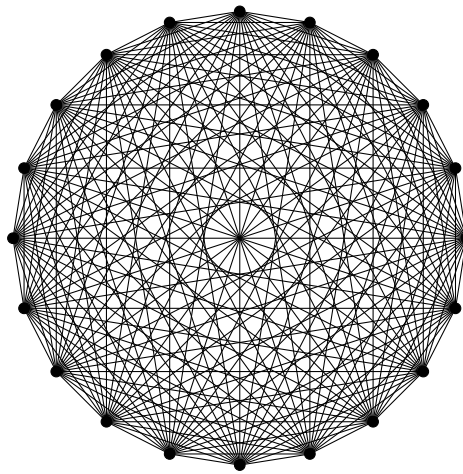
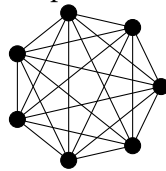
\end{tikzpicture}
} % fin commande pour graphe complet

```

Utilisation : `\GrapheComplet{3}{0.5cm}{2pt}` donne



`\GrapheComplet{7}{1cm}{3pt}` donne



`\GrapheComplet{20}{3cm}{2pt}` donne

Exercice 4.

```

\usepackage{tikz}

\newcommand{\etoile}[3]{
% paramètre 1 : nombre de sommets
% paramètre 2 : rayon du cercle sur lequel on place les sommets
% paramètre 3 : rayon des disques représentant les sommets
% exemple : \etoile{5}{2cm}{2pt}
\begin{tikzpicture}
% on place les sommets sur un cercle de rayon #2 cm :
\foreach \x in {1,...,#1}
{\draw[fill] (360/#1*\x : #2) coordinate (a_{\x}) circle(#3);}
% dessin du sommet au centre de la roue :
\draw[fill] coordinate (b) circle(#3);
% on dessine maintenant les rayons :
\foreach \x in {1,...,#1} {\draw (a_{\x})--(b);}
\end{tikzpicture}
} % fin etoile

```




```
\usepackage{tikz}
\usepackage{multido}
\newcommand{\moulin}[3]{
% paramètre 1 : nombre de sommets sur la roue (pair)
% paramètre 2 : rayon du cercle sur lequel on place les sommets
% paramètre 3 : rayon des disques représentant les sommets
% exemple : \moulin{6}{2cm}{2pt}
\begin{tikzpicture}
% on place les sommets sur un cercle de rayon #2 cm :
\foreach \x in {1,...,#1}
{\draw[fill] (360/#1*\x : #2) coordinate (a_{\x}) circle(#3);}
% on dessine l'essieu :
\draw[fill] coordinate (b) circle(#3);
% on dessine les arêtes "rayons" :
\foreach \x in {1,...,#1} {\draw (a_{\x})--(b);}
% on dessine les autres arêtes :
\setcounter{compteurC}{#1/2}
\multido{\idep=1+2}{\value{compteurC}}%
{\setcounter{compteurB}{\idep+1}\draw (a_{\idep})--(a_{\thecompteurB});}
\end{tikzpicture}
} % fin moulin
```

```
\usepackage{tikz}
\usepackage{multido}
\newcommand{\roue}[3]{
% paramètre 1 : nombre de sommets sur le pourtour
% paramètre 2 : rayon du cercle sur lequel on place les sommets
% paramètre 3 : rayon des disques représentant les sommets
% exemple : \etoile{5}{2cm}{2pt}
\begin{tikzpicture}
% on place les sommets sur un cercle de rayon #2 cm :
\foreach \x in {1,...,#1}
{\draw[fill] (360/#1*\x : #2) coordinate (a_{\x}) circle(#3);}
% dessin del'essieu :
\draw[fill] coordinate (b) circle(#3);
% on dessine maintenant les arêtes :
\foreach \x in {1,...,#1} {\draw (a_{\x})--(b);}
% arêtes de pourtour (un cercle !) :
\draw circle (#2);
\end{tikzpicture}
} % fin roue
```

Utilisation : $\backslash\text{etoile}\{7\}\{0.5\text{cm}\}\{2\text{pt}\}$, $\backslash\text{roue}\{10\}\{0.5\text{cm}\}\{2\text{pt}\}$, $\backslash\text{moulin}\{6\}\{0.5\text{cm}\}\{2\text{pt}\}$.