

# Le package : tkz-linknodes.sty

Philippe Ivaldi, Alain Matthes

19-01-2008

## Résumé

`tkz-linknodes.sty` est né d'une question de **Philippe Ivaldi**, à propos de `TikZ`. Il s'agissait de savoir si on pouvait facilement, créer des liens entre les lignes d'un environnement comme `aligned` ou encore `align` en indiquant l'opération effectuée entre deux lignes. Grâce à la collaboration active et aux remarques perspicaces de Philippe, j'espère pouvoir vous apporter un outil supplémentaire pour la fabrication de vos cours.

☞ Je remercie évidemment **Till Tantau** pour la création de `TikZ`, sans lequel `tkz-linknodes` n'existerait pas.

☞ Je remercie également **Herbert Voss** pour ses documents *MathMode.tex* et *MathMode.pdf* qui sont précieux pour qui veut écrire des mathématiques avec  $\LaTeX$ . J'ai repris quelques exemples de ces documents qui seront signalés.

## Table des matières

---

<b>1</b>	<b>Installation et utilisation</b>	<b>4</b>
1.1	Installation . . . . .	4
1.2	Utilisation . . . . .	4
1.3	Exemple minimaliste mais complet . . . . .	4
1.4	Résultat . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Les macros indispensables</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Exemple de l'introduction</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Les options</b>	<b>8</b>
4.1	Option intervenant sur la structure . . . . .	8
4.2	Options intervenant sur la présentation . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Modification du style</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Exemples plus complexes</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Utilisation avec l'environnement <code>align</code></b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Utilisation avec l'environnement <code>array</code></b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Utilisation avec divers environnements</b>	<b>24</b>

## Introduction

Voici un exemple de ce que voulait Philippe :

$$\begin{array}{l}
 3(x^2 - 3) = 4 \xrightarrow{\div 3} \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \xleftarrow{+3} \\
 x^2 = \frac{13}{3} \xleftarrow{\sqrt{\dots}} \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}}
 \end{array}$$

Nous allons voir les multiples possibilités qui se sont offertes, au fur et à mesure que nos échanges se sont développés. De brides de codes est né un ensemble structuré, basé sur TikZ, constitué d'un environnement `NodesList`, deux macros `\AddNode` et `\LinkNodes`.

Les possibilités d'extension sont nombreuses et les champs d'application multiples. Je n'ai pas tout testé mais les bonnes idées seront acceptées.

Philippe et moi avons voulu un maximum de simplicité dans la syntaxe et souhaitons que cela reste ainsi même si des développements se produisent. Nous espérons que cet outil sera bénéfique à vos futures productions.

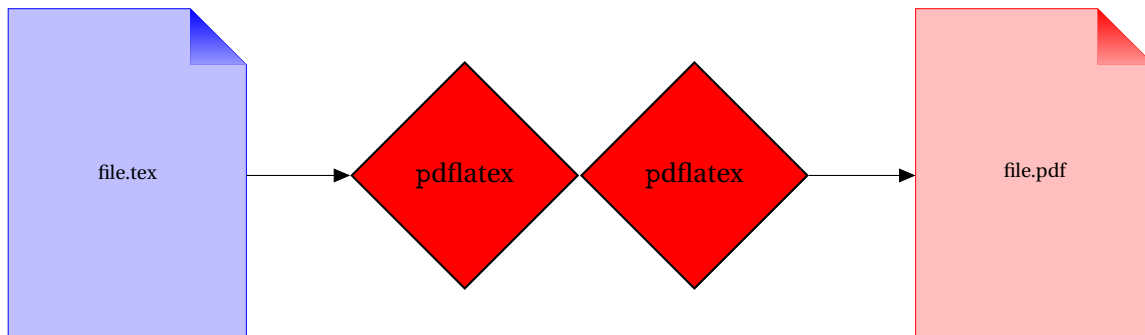
# 1. Installation et utilisation

## 1.1 Installation

Il suffit de placer le fichier `linknodes.sty` dans le dossier `texmf/tex/latex/`. `texmf` est ici votre dossier texmf personnel. Si vous utilisez d'autres de mes packages, je vous conseille de les regrouper dans un même dossier avec comme nom `altermundus` ou `prof`.

## 1.2 Utilisation

Pour obtenir un fichier `file.pdf` correct à partir d'un fichier `file.tex`, vous devez compiler deux fois de suite avec `pdflatex`. Il est possible de compiler avec `latex` si votre version de `pdftex` est supérieure ou égale à 1.40.



Le package charge, enfin tente de charger `xkeyval`[2005/11/25], `tikz`[2007/06/07] version 1.18, `amsmath`, `etex` et `ifthen`.

## 1.3 Exemple minimaliste mais complet

```

1 \documentclass[]{article}
2 \usepackage[utf8]{inputenc}           % mon codage préféré, non indispensable.
3 \usepackage[upright]{fourier}        % ma fonte préférée, non indispensable.
4 \usepackage{LinkNodes}               % indispensable.
5 \begin{document}
6 \begin{NodesList}
7 \[ % formule hors texte c'est à dire non "inline"
8 \begin{aligned}
9     2x    &= 8 && \backslash AddNode\backslash
10    x     &= 4 && \backslash AddNode%
11 \end{aligned}
12 \]
13 \LinkNodes{\$ \div 2\$}%
14 \end{NodesList}
15 \end{document}
  
```

## 1.4 Résultat

$$\begin{array}{l}
 2x = 8 \text{ ————— } \boxed{\phantom{00}} \div 2 \\
 x = 4 \leftarrow
 \end{array}$$

## 2. Les macros indispensables

### macro n° 1 Utilisation de l'environnement `NodesList`

```
\begin{NodesList}[\langle options \rangle]
  \langle environment contents \rangle
\end{NodesList}
```

options	défaut	définition
marge	2cm	marge de droite
dy	1.5pt	2 × dy est l'écart entre deux flèches adjacentes sur un même node.

L'emploi de cet environnement est obligatoire. Il admet des options que nous allons détailler dans les exemples suivants. Ces options ne sont pas obligatoires et les valeurs par défaut sont données dans le tableau ci-dessus.

### macro n° 2 Utilisation de la macro `\AddNode`

```
\AddNode[\langle options \rangle]
```

Un argument optionnel est possible, donc placé entre crochets s'il est présent, et c'est un nombre entier supérieur à 1. Il définit à quel groupe appartient ce node.

Cette macro permet de demander qu'un lien puisse partir ou arriver du node que l'on vient de créer. En réalité, ce n'est pas un node, je dirais plutôt une ancre ou bien encore un point de référence.

Un groupe est un ensemble de liens (flèches) dont l'origine de l'un est l'extrémité du précédent. Le premier groupe est noté 1 qui est la valeur par défaut.

### macro n° 3 Utilisation de la macro `\LinkNodes`

```
\LinkNode[\langle options \rangle]{\langle expression \rangle}
```

options	default	definition
marge	2 cm	si true pas de nom
dy	1.5 pt	si non vide alors c'est le nom attribué au point

Cette macro permet la représentation du lien entre les nodes et de l'étiquette dont le contenu est "expression" placée sur ce lien. Ces liens sont créés en suivant l'ordre de leur création. Le style de ces liens est déterminé par les styles par défaut suivants :

```
\tikzstyle{ArrowStyle}=[>=latex',->,black]
\tikzstyle{LabelStyle}=[pos=0.25,right,text=black]
```

Le premier style concerne la flèche et le suivant l'étiquette. Des exemples sont donnés dans une section ultérieure.

Comme vous le constatez, les macros sont simples et la syntaxe est du type  $\LaTeX$ . Il vous faudra étudier un peu **TikZ** seulement pour modifier les styles mais quelques exemples devraient vous suffir pour réaliser ce que vous souhaitez.

### 3. Exemple de l'introduction

#### Exemple n° 1 Le code du premier exemple

Voyons tout d'abord, l'exemple de l'introduction mais placé dans un cadre plus général, celui d'une page A4. Quatre nodes sont créés à la fin de chaque ligne, puis trois liens. Les deux premiers ont une marge personnalisée.

L'environnement `aligned` est placé dans un environnement `displaymath` c'est à dire "hors texte". Cela signifie que les équations sont placées dans une boîte ayant la largeur de la page et que le signe égale se situe au centre d'une ligne.

$$\begin{array}{l}
 3(x^2 - 3) = 4 \quad \xrightarrow{\hspace{4cm}} \div 3 \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \\
 x^2 = \frac{13}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{3cm}} + 3 \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \sqrt{\dots}
 \end{array}$$

```

16 \begin{NodesList}
17 \begin{displaymath} % ou \[
18 \begin{aligned}
19 3(x^2-3) &=4 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
20 x^2-3 &=\frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
21 x^2 &=\frac{13}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
22 x &=\pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
23 \end{aligned}
24 \end{displaymath}% ou \]
25 \LinkNodes[marge=4cm]{\div 3}%
26 \LinkNodes[marge=3cm]{+3}%
27 \LinkNodes{\sqrt{\ldots}}
28 \end{NodesList}

```

Que fait exactement l'environnement `NodesList`. Il repère la largeur de la ligne de la page qui va l'accueillir ici cette largeur est la largeur du texte car nous sommes dans un environnement mathématique hors texte. L'exemple de l'introduction est placé dans un environnement `minipage` de  $\LaTeX$ , la largeur sera donc celle attribuée à celui-ci.

Ensuite, il prépare une liste de compteurs pour attribuer automatiquement des noms aux nodes que l'utilisateur aura placé avec la macro `\AddNode`. La macro `\LinkNodes` représente un lien entre deux nodes successifs.

**Exemple n° 2** Avec l'environnement `minipage`

Nous allons donc voir ce qui arrive à notre environnement dans le cas d'un environnement `minipage`. Dans ce cas la largeur de la page est celle de la `minipage`. Le résultat peut être vu sur la première page et le code est celui-ci :

```

29 \begin{center}\fbox{\begin{minipage}{12cm}
30 \begin{NodesList}
31 \[
32 \begin{aligned}
33 3(x^2-3) &=4 && \AddNode\\
34 x^2-3 &=\frac{4}{3} && \AddNode\\
35 x^2 &=\frac{13}{3} && \AddNode\\
36 x &=\pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \AddNode%
37 \end{aligned}
38 \]
39 \LinkNodes[marge=4cm]{\div 3}%
40 \LinkNodes[marge=3cm]{+3}%
41 \LinkNodes{\sqrt{\ldots}}
42 \end{NodesList}
43 \end{minipage}}\end{center}

```

Le code complet est

```

44 \documentclass[] {article}
45 \usepackage[utf8]{inputenc} % mon codage préféré mais non indispensable.
46 \usepackage[upright]{fourier} % ma fonte préférée.
47 \usepackage{LinkNodes}
48 \begin{document}
49 \begin{center}
50 \fbox{\begin{minipage}{12cm}
51 \begin{NodesList}
52 \begin{displaymath}
53 \begin{aligned}
54 3(x^2-3) &=4 && \AddNode\\
55 x^2-3 &=\frac{4}{3} && \AddNode\\
56 x^2 &=\frac{13}{3} && \AddNode\\
57 x &=\pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \AddNode
58 \end{aligned}
59 \end{displaymath}
60 \LinkNodes[marge=4 cm]{\div 3}
61 \LinkNodes[marge=3 cm]{+3}
62 \LinkNodes{\sqrt{\ldots}}
63 \end{NodesList}
64 \end{minipage}}
65 \end{center}
66 \end{document}

```

## 4. Les options

### 4.1 Option intervenant sur la structure

#### Exemple n° 3 Un seul lien entre les deux premières lignes

Je reprends le même exemple que je vais modifier. Je ne veux que le premier lien. Donc on ne crée que deux nodes et un lien.

$$\begin{aligned}
 3(x^2 - 3) &= 4 && \boxed{\hspace{10em}} \div 3 \\
 x^2 - 3 &= \frac{4}{3} && \leftarrow \\
 x^2 &= \frac{13}{3} \\
 x &= \pm \sqrt{\frac{13}{3}}
 \end{aligned}$$

```

67 \begin{NodesList}
68   \begin{displaymath}
69     \begin{aligned}
70       3(x^2-3) &= 4 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
71       x^2-3 &= \frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
72       x^2 &= \frac{13}{3} && \backslash\backslash
73       x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}}\%
74     \end{aligned}
75   \end{displaymath}
76   \LinkNodes{\$\div 3\$}\%
77 \end{NodesList}

```

#### Exemple n° 4 Un seul lien entre les deux dernières lignes

$$\begin{aligned}
 3(x^2 - 3) &= 4 \\
 x^2 - 3 &= \frac{4}{3} \\
 x^2 &= \frac{13}{3} && \boxed{\hspace{10em}} \sqrt{\dots} \\
 x &= \pm \sqrt{\frac{13}{3}} && \leftarrow
 \end{aligned}$$

```

78 \begin{NodesList}
79   \begin{displaymath}
80     \begin{aligned}
81       3(x^2-3) &= 4 && \backslash\backslash
82       x^2-3 &= \frac{4}{3} && \backslash\backslash
83       x^2 &= \frac{13}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
84       x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
85     \end{aligned}
86   \end{displaymath}
87   \LinkNodes{\$\sqrt{\ldots}\$}\%
88 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 5** Création d'un nouveau groupe

Nous avons vu comment avoir un lien sur les premiers nodes, ainsi que sur les derniers, maintenant voici un exemple pour avoir un lien sur les premiers et les derniers nodes.

Le principe est simple. L'argument 2 indique que l'on crée un autre enchaînement de liens. Il était déjà présent mais 1 est optionnel. Les arguments doivent créer en ordre croissant.

$$\begin{array}{r}
 3(x^2 - 3) = 4 \quad \xrightarrow{\hspace{10em}} \quad \div 3 \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \quad \leftarrow \\
 x^2 = \frac{13}{3} \quad \xrightarrow{\hspace{10em}} \quad \sqrt{\dots} \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} \quad \leftarrow
 \end{array}$$

```

89 \begin{NodesList}
90 \begin{displaymath}
91 \begin{aligned}
92 3(x^2-3) &= 4 && \text{\AddNode} \quad \text{\} \\
93 x^2-3 &= \frac{4}{3} && \text{\AddNode} \quad \text{\} \\
94 x^2 &= \frac{13}{3} && \text{\AddNode}[2] \text{\} \\
95 x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \text{\AddNode}[2] \% \\
96 \end{aligned}
97 \end{displaymath}
98 \text{\LinkNodes}\{\$\div 3\}\%
99 \text{\LinkNodes}\{\$\sqrt{\ldots}\}\$
100 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 6** Ligne vide

$$\left\{ \begin{array}{l}
 d_n = 400 - \frac{v_n}{3} \quad \xrightarrow{\hspace{10em}} \\
 v_n = 0,8v_{n-1} + 0,2d_n + 9,6 \quad \leftarrow
 \end{array} \right. \quad v_n \text{ dépend de } d_n$$

```

101 \begin{NodesList}
102 \left[ \left\{ \begin{array}{l}
103 \begin{aligned}
104 d_n &= \displaystyle {400 - \frac{v_n}{3}} && \text{\AddNode}\hfill \text{\} \\
105 & && \text{\} \\
106 v_n &= 0,8v_{n-1} + 0,2d_n + 9,6 && \text{\AddNode}\text{\} \\
107 \end{aligned}
108 \right. \left. \right] \\
109 \text{\LinkNodes}[marge=3cm]\{v_n\} \text{ dépend de } d_n\} \\
110 \end{NodesList}
111

```

## 4.2 Options intervenant sur la présentation

Ces options sont au nombre de deux, `marge` et `dy`. Elles sont utilisables globalement au niveau de l'environnement `NodesList` ou bien localement au niveau de la macro `\LinkNodes`.

### Exemple n° 7 L'option `marge`

Tout d'abord rappelons que la marge par défaut est de 2 cm. Elle est matérialisée par la flèche rouge sur le schéma suivant. La marge est définie à partir du bord droit de la boîte qui accueille l'environnement.

$$\begin{aligned}
 3(x^2 - 3) &= 4 \\
 x^2 - 3 &= \frac{4}{3} \\
 x^2 &= \frac{13}{3} \\
 x &= \pm \sqrt{\frac{13}{3}}
 \end{aligned}$$

Il faut remarquer que la boîte de l'introduction est légèrement différente de celle-ci. En effet, la macro `\fbox` ajoute un espace autour de son contenu égal à `\fboxsep`. Celui-ci a été mis à zéro pour l'occasion.

### Exemple n° 8 Des marges égales

Je suppose que vous avez compris que l'option `marge` de la macro `\LinkNodes` joue le même rôle que celle de l'environnement. Aussi après les avoir supprimées, je choisis une marge de 3 cm pour tout le monde. Cette fois par rapport au bord de la zone de texte de la page.

$$\begin{aligned}
 3(x^2 - 3) &= 4 \\
 x^2 - 3 &= \frac{4}{3} \\
 x^2 &= \frac{13}{3} \\
 x &= \pm \sqrt{\frac{13}{3}}
 \end{aligned}$$

```

112 \begin{NodesList}[marge=3cm]% on fixe la marge par défaut à 3cm.
113 \begin{displaymath}
114 \begin{aligned}
115 3(x^2-3) &= 4 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
116 x^2-3 &= \frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
117 x^2 &= \frac{13}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
118 x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
119 \end{aligned}\%
120 \end{displaymath}\%
121 \LinkNodes{\$\div 3}\%
122 \LinkNodes{\$+3}\%
123 \LinkNodes{\$\sqrt{\ldots}}\%
124 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 9** L'option générale `dy`

Il s'agit ici d'ajuster l'écart entre deux flèches. L'écart est égal à  $2 \times dy$

$$\begin{array}{rcl}
 3(x^2 - 3) = 4 & \xrightarrow{\hspace{10em}} & \div 3 \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} & \xleftarrow{\hspace{10em}} & +3 \\
 x^2 = \frac{13}{3} & \xleftarrow{\hspace{10em}} & \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} & \xleftarrow{\hspace{10em}} & \sqrt{\dots}
 \end{array}$$

```

125 \begin{NodesList}[marge=3cm,dy=3pt]% un peu exagéré mais on voit mieux
126 \begin{displaymath}
127 \begin{aligned}
128 3(x^2-3) &=4 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
129 x^2-3 &=\frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
130 x^2 &=\frac{13}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
131 x &=\pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
132 \end{aligned}
133 \end{displaymath}
134 \backslash\text{LinkNodes}\{\$\div 3\}\%
135 \backslash\text{LinkNodes}\{\$+3\}\%
136 \backslash\text{LinkNodes}\{\$\sqrt{\ldots}\}\%
137 \end{NodesList}

```

## 5. Modification du style

il suffit pour cela de modifier soit `{ArrowStyle}`, soit `{LabelStyle}`. Par défaut, les valeurs sont les suivantes

```
\tikzstyle{ArrowStyle}=[>=latex',->,black]
\tikzstyle{LabelStyle}=[pos=0.25,right,text=black]
```

### Exemple n° 10 Un peu de style

Dans un premier temps, la forme de la flèche est modifiée ainsi que sa couleur. Pour d'autres formes de flèche, voir la documentation sur les librairies du [pgfmanual](#).

Ensuite la place de l'étiquette est modifiée avec `pos=0.75`. `pos=0` correspond au coin supérieur, `pos=0.25` au milieu du trait vertical. On peut ensuite ajuster la position du node, ici `above` est utilisé. Pour d'autres ajustements, voir [pgfmanual](#) ou les exemples suivants.

$$\begin{array}{l} 2x = 8 \\ x = 4 \end{array} \leftarrow \div 2$$

```
138 \begin{NodesList}
139 \[
140 \begin{aligned}
141 2x \quad &= 8 && \backslash\text{AddNode}\backslash
142 x \quad &= 4 && \backslash\text{AddNode}\%
143 \end{aligned}
144 \]
145 {\tikzstyle{ArrowStyle}=[> = stealth',->,cyan]
146 \tikzstyle{LabelStyle}=[pos=.75,above,text=red]
147 \LinkNodes{\$ \div 2\$}}
148 \end{NodesList}
149
```

### Exemple n° 11 Modification de couleur du texte

Attention ici, `+=` permet de reprendre les valeurs du style en ajoutant la couleur `red` pour le texte qui remplace l'ancienne couleur.

$$\begin{array}{l} 2x = 8 \\ x = 4 \end{array} \leftarrow \div 2$$

```
150 \begin{NodesList}
151 \[
152 \begin{aligned}
153 2x \quad &= 8 && \backslash\text{AddNode}\backslash
154 x \quad &= 4 && \backslash\text{AddNode}\%
155 \end{aligned}
156 \]
157 {\tikzstyle{LabelStyle}+= [text=red]
158 \LinkNodes{\$ \div 2\$}}
159 \end{NodesList}
160
```

**Exemple n° 12** Modification de la position du texte

Attention ici, += permet de reprendre les valeurs du style en ajoutant la couleur red pour le texte qui remplace l'ancienne couleur.

$$2x = 8 \quad \text{-----} \quad \div 2$$

$$x = 4 \quad \longleftarrow \text{-----}$$

```

161 \begin{NodesList}
162 \[
163 \begin{aligned}
164 2x      &= 8 && \AddNode\
165 x       &= 4 && \AddNode%
166 \end{aligned}
167 \]
168 {\tikzstyle{LabelStyle}+= [text=red, left]}
169 \LinkNodes{\$ \div 2\$}
170 \end{NodesList}
171

```

**Exemple n° 13** Encadrement du texte

Un peu plus sophistiqué : draw permet d'encadrer, right=10pt permet d'éloigner un peu l'étiquette, green définit la couleur du trait, fill=green!30 définit la couleur de remplissage et enfin la couleur du texte est rouge.

$$2x = 8 \quad \text{-----} \quad \div 2$$

$$x = 4 \quad \longleftarrow \text{-----}$$

```

172 \begin{NodesList}
173 \[
174 \begin{aligned}
175 2x      &= 8 && \AddNode\
176 x       &= 4 && \AddNode%
177 \end{aligned}
178 \]
179 {\tikzstyle{LabelStyle}+= [draw, right=10pt, green, fill=green!30, text=red]}
180 \LinkNodes{\$ \div 2\$}
181 \end{NodesList}
182

```

**Exemple n° 14** Modification de la couleur du texte

Une possibilité est

$$2x = 8 \quad \text{-----} \quad \div 2$$

$$x = 4 \quad \longleftarrow \text{-----}$$

```

183 \LinkNodes{\textcolor{orange}{\$ \div 2\$}}

```

## 6. Exemples plus complexes

### Exemple n° 15 Environnements aligned imbriqués

L'exemple est plus complexe car les environnements sont imbriqués

$$\begin{array}{l}
 x^2 - 4 = 0 \\
 (x-2)(x+2) = 0 \\
 \left. \begin{array}{l} x-2 = 0 \\ x = 2 \end{array} \right\} \\
 \left. \begin{array}{l} x+2 = 0 \\ x = -2 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

factorisons

L'un des facteurs est nul

```

184 \begin{NodesList}[marge=0cm]
185 \begin{displaymath}
186 \begin{aligned}
187 x^2-4 &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
188 (x-2)(x+2) &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
189 \left.\begin{aligned}
190 x-2 &= 0 && \backslash\backslash
191 x &= 2 && \backslash\backslash
192 &&& \backslash\backslash
193 x+2 &= 0 && \backslash\backslash
194 x &= -2 && \backslash\backslash
195 \end{aligned}\right\} &&& \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash\%
196 \end{aligned}
197 \end{displaymath}
198 {\tikzstyle{LabelStyle}=[left=0.1cm,pos=.25,text=red]}
199 \LinkNodes[] {factorisons}\%
200 \LinkNodes{L'un des facteurs est nul}\%
201 }
202 \end{NodesList}
203

```

### Exemple n° 16 Un environnement et deux groupes

$$\begin{array}{l}
 3\left(x^2 - \frac{2}{3}\right) = 4 \\
 x^2 - \frac{2}{3} = \frac{4}{3} \\
 x^2 = \frac{6}{3} \\
 x^2 = 2 \\
 x = \pm\sqrt{2}
 \end{array}$$

÷3

?

√...

```

204 \begin{NodesList}[marge=3cm,dy=3pt]
205   \begin{displaymath}
206     \begin{aligned}
207       3\left(x^2-\frac{2}{3}\right) &= 4 && \backslash\text{AddNode} \quad \backslash\backslash
208         x^2-\frac{2}{3} &= \frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode} \quad \backslash\backslash
209         x^2 &= \frac{6}{3} && \backslash\text{AddNode}[2] \backslash\backslash
210         x^2 &= 2 && \backslash\text{AddNode}[2] \backslash\backslash
211         x &= \pm\sqrt{2} && \backslash\text{AddNode}[2] \%
212     \end{aligned}
213   \end{displaymath}
214   {\tikzstyle{ArrowStyle}=[> = latex',->]}
215   \tikzstyle{LabelStyle}+=[pos=.25,text=red]
216   \LinkNodes{\$\div 3$}%
217   \LinkNodes{?}%
218   \LinkNodes{\$\sqrt{\dots}$}%
219 \end{NodesList}

```

### Exemple n° 17 Deux environnements et un groupe

$$\begin{array}{l}
 x^2 - 4 = 0 \\
 (x-2)(x+2) = 0 \\
 \left. \begin{array}{l} x-2 = 0 \\ x = 2 \end{array} \right\} \\
 \left. \begin{array}{l} x+2 = 0 \\ x = -2 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

factorisons

l'un des facteurs est nul

```

220 \begin{NodesList}[marge=1cm]
221   \begin{displaymath}
222     \begin{aligned}
223       x^2-4 &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
224       (x-2)(x+2) &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
225       {\left.
226         \begin{aligned}
227           x-2 &= 0 && \backslash\backslash
228           x &= 2 && \backslash\backslash
229           & && \backslash\backslash
230           x+2 &= 0 && \backslash\backslash
231           x &= -2 && \backslash\backslash
232         \end{aligned}
233       \right\}}
234     \end{aligned} &&& \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash \%
235   \end{displaymath}
236   {\tikzstyle{LabelStyle}=[left=0.5cm,pos=.25,text=red]}
237   \LinkNodes[] {factorisons}%
238   \LinkNodes{l'un des facteurs est nul}%
239 }
240 }
241 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 18** Étiquette avec `minipage`

Voir dans cet exemple la façon de redéfinir un style afin de positionner correctement la "minipage".

$$\begin{array}{l}
 x^2 - 4 = 0 \\
 (x - 2)(x + 2) = 0 \\
 \left. \begin{array}{l}
 x - 2 = 0 \\
 x = 2 \\
 x + 2 = 0 \\
 x = -2
 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

Factorisons

Un produit de facteurs réels est nul si et seulement si l'un des facteurs est nul.

```

242 \begin{NodesList}[marge=1cm,dy=3pt]
243   \begin{displaymath}
244     \begin{aligned}
245       x^2-4      &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\%
246       (x-2)(x+2) &= 0 && \backslash\text{AddNode}\backslash\%
247               &\backslash\text{left.}\%
248               \begin{aligned}
249                 x-2 &= 0 && \backslash\%
250                 x   &= 2 && \backslash\%
251                 & && \backslash\%
252                 x+2 &= 0 && \backslash\%
253                 x   &= -2 && \%
254               \end{aligned}\%
255               \right\}\backslash\text{AddNode}\%
256     \end{aligned}\%
257   \end{displaymath}
258   {\tikzstyle{LabelStyle}=[left=0.1cm,pos=.25,text=red]}
259   \LinkNodes{Factorisons}\%
260   \tikzstyle{LabelStyle}+=[pos=.5,sloped]
261   \LinkNodes{\%
262 \fbox{\begin{minipage}{4cm}
263   Un produit de facteurs réels est nul si \%
264   et seulement si l'un des facteurs est nul.
265 \end{minipage}}\%
266 }
267 }%
268 }%
269 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 19** Trois groupes et multiples environnements aligned

Il est intéressant de remarquer l'utilisation de `\displaywidth` qui permet dans un environnement mathématique hors texte de modifier le placement par rapport à la marge de gauche.

Résoudre dans  $\mathbf{R}$  :  $\left(\frac{2}{3} - 3x\right)\left(\frac{3}{5} + 2x\right) = 0$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{2}{3} - 3x\right)\left(\frac{3}{5} + 2x\right) = 0 \\ \Leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} - 3x = 0 \\ \text{ou} \\ \frac{3}{5} + 2x = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\times 3} \\ \xrightarrow{\times 5} \end{array} \\ \Leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} 2 - 9x = 0 \\ \text{ou} \\ 3 + 10x = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{+9x} \\ \xrightarrow{+3} \end{array} \\ \Leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} 2 = 9x \\ \text{ou} \\ 10x = -3 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\div 9} \\ \xrightarrow{\div 10} \end{array} \\ \Leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{2}{9} \\ \text{ou} \\ x = -\frac{3}{10} \end{array} \right. \end{aligned}$$

**un produit est nul si et seulement si l'un des facteurs est nul.**

Le code est sur la page suivante



## 7. Utilisation avec l'environnement `align`

### Exemple n° 20 Avec `align` et `minipage`

Avec cet environnement, nous sommes automatiquement en mode "hors texte" et les lignes sont numérotées.

Cet environnement est très utile et je vous conseille de voir les exemples d'Herbert Voss dans `Math-Mode.tex`

$$\begin{array}{rcl}
 3(x^2 - 3) = 4 & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & \div 3 \quad (1) \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} & \xleftarrow{\hspace{2cm}} & (2) \\
 x^2 = \frac{13}{3} & \xleftarrow{\hspace{2cm}} & +3 \quad (3) \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} & \xleftarrow{\hspace{2cm}} & \sqrt{\dots} \quad (4)
 \end{array}$$

```

324 \begin{minipage}{12cm}
325   \begin{NodesList}
326     \begin{align}
327       3(x^2-3) &= 4 && \AddNode\
328       x^2-3 &= \frac{4}{3} && \AddNode\
329       x^2 &= \frac{13}{3} && \AddNode\
330       x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \AddNode%
331     \end{align}
332     \LinkNodes{\$ \div 3\$}%
333     \LinkNodes[marge=2.5 cm]{\$+3\$}%
334     \LinkNodes[marge=3 cm]{\$ \sqrt{\ldots}\$}
335   \end{NodesList}
336 \end{minipage}
337

```

**Exemple n° 21** Avec align\*

$$\begin{array}{l}
 3(x^2 - 3) = 4 \quad \xrightarrow{\hspace{4cm}} \div 3 \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \\
 x^2 = \frac{13}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{3cm}} + 3 \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \sqrt{\dots}
 \end{array}$$

```

338 \begin{NodesList}
339 \begin{align*}
340   3(x^2-3) &= 4 && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
341   x^2-3 &= \frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
342   x^2 &= \frac{13}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
343   x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
344 \end{align*}
345 \LinkNodes[marge=4 cm]{\div 3}\%
346 \LinkNodes[marge=3 cm]{+3}\%
347 \LinkNodes{\sqrt{\ldots}}
348 \end{NodesList}
349

```

**Exemple n° 22** Avec align et nonumber

$$\begin{array}{l}
 3(x^2 - 3) = 4 \quad \xrightarrow{\hspace{4cm}} \div 3 \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \quad (5) \\
 x^2 = \frac{13}{3} \quad \xleftarrow{\hspace{3cm}} + 3 \\
 x = \pm \sqrt{\frac{13}{3}} \quad \xleftarrow{\hspace{4cm}} \sqrt{\dots} \quad (6)
 \end{array}$$

```

350 \colorbox{yellow}{\vbox{
351 \begin{NodesList}
352 \begin{align}
353   3(x^2-3) &= 4 && \backslash\text{nonumber}\backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
354   x^2-3 &= \frac{4}{3} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
355   x^2 &= \frac{13}{3} && \backslash\text{nonumber}\backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
356   x &= \pm\sqrt{\frac{13}{3}} && \backslash\text{AddNode}\%
357 \end{align}
358 \LinkNodes[marge=4 cm]{\div 3}\%
359 \LinkNodes[marge=3 cm]{+3}\%
360 \LinkNodes{\sqrt{\ldots}}
361 \end{NodesList}}}
362

```

## 8. Utilisation avec l'environnement `array`

Pas d'un grand intérêt mathématique mais permet de vérifier la possibilité d'utiliser ce nouvel environnement.

**Exemple n° 23** Avec `array` extrait de `Mathmode.tex`

$$y = \begin{cases} x^2 + 2x & \text{if } x < 0, \\ x^3 & \text{if } 0 \leq x < 1, \\ x^2 + x & \text{if } 1 \leq x < 2, \\ x^3 - x^2 & \text{if } 2 \leq x. \end{cases}$$

The diagram shows two labels with arrows pointing to the cases in the piecewise function. A red label 'Deuxième degré' has arrows pointing to the first and second cases. A blue label 'Troisième degré' has arrows pointing to the third and fourth cases.

```

363 \begin{minipage}{11cm}
364 {\renewcommand{\arraystretch}{2}}%
365 \begin{NodesList}
366 \[
367   y = \left\{ \%
368     \begin{array}{ll}
369       x^2+2x & \text{\texttrm{if }x<0,} & \backslash\text{AddNode} \quad \backslash\backslash
370       x^3 & \text{\texttrm{if }0\le x<1,} & \backslash\text{AddNode}[2] \backslash\backslash
371       x^2+x & \text{\texttrm{if }1\le x<2,} & \backslash\text{AddNode} \quad \backslash\backslash
372       x^3-x^2 & \text{\texttrm{if }2\le x.} & \backslash\text{AddNode}[2]
373     \end{array}\%
374   \right.
375 \]
376 \tikzstyle{ArrowStyle}+=[<->,red]
377 \tikzstyle{LabelStyle}+=[pos=0.20]
378 \LinkNodes[marge=3cm]{Deuxième degré}
379 {\tikzstyle{ArrowStyle}+=[<->,blue]
380 \LinkNodes[marge=1cm]{Troisième degré}}
381 \end{NodesList}
382 }
383 \end{minipage}

```

**Exemple n° 24** Toujours extrait de Mathmode.tex

a)	$y =$	$c$	( <i>constant</i> )	Voici les différents cas étudiés
b)	$y =$	$cx+d$	( <i>linear</i> )	
c)	$y =$	$bx^2+cx+d$	( <i>square</i> )	
d)	$y =$	$ax^3+bx^2+cx+d$	( <i>cubic</i> )	

```

384 \begin{NodesList}[marge=0cm]
385   \[
386   \begin{array}{@{}r@{\quad}ccrr@{}}
387     \textrm{a}) & y & = & c & (constant) & \AddNode \\\
388     \textrm{b}) & y & = & cx+d & (linear) & \\\
389     \textrm{c}) & y & = & bx^2+cx+d & (square) & \\\
390     \textrm{d}) & y & = & ax^3+bx^2+cx+d & (cubic) & \AddNode
391   \end{array}
392 \]
393 {\tikzstyle{ArrowStyle}+=[-,red]
394  \tikzstyle{LabelStyle}+=[left,text=red]
395  \LinkNodes{%
396    \begin{minipage}{4cm}
397      Voici les différents cas étudiés
398    \end{minipage}}%
399  }
400 \end{NodesList}

```

**Exemple n° 25** Encore extrait de Mathmode.tex

$$\begin{aligned}
 y &= x^2 + bx + c \\
 &= x^2 + 2 \cdot \frac{b}{2}x + c \\
 &= \underbrace{x^2 + 2 \cdot \frac{b}{2}x + \left(\frac{b}{2}\right)^2}_{\left(x + \frac{b}{2}\right)^2} - \left(\frac{b}{2}\right)^2 + c \\
 &= \left(x + \frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 + c \\
 y + \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c &= \left(x + \frac{b}{2}\right)^2 \quad \leftarrow \text{Ajoutons à chaque} \\
 y - y_S &= (x - x_S)^2 \quad \text{membre } \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c \\
 S(x_S; y_S) \text{ soit } S\left(-\frac{b}{2}; \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c\right)
 \end{aligned}$$

```

401 \begin{NodesList}
402 \[
403 \begin{array}{rcll}
404 y & = & x^2+bx+c & \\
405 & = & x^2+2\cdot\frac{b}{2}x+c & \\
406 & = & \underbrace{x^2+2\cdot\frac{b}{2}x+ & \\
407 & & \left(\frac{b}{2}\right)^2}_{\left(x+\frac{b}{2}\right)^2} - & \\
408 & & \left(\frac{b}{2}\right)^2 + c & \\
409 & = & \left(x+\frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 + c & \\
410 & = & \left(x+\frac{b}{2}\right)^2 - & \\
411 & & \left(\frac{b}{2}\right)^2 + c & \backslash\text{AddNode}\backslash \\
412 y + \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c & = & \left(x+\frac{b}{2}\right)^2 & \\
413 & = & \left(x+\frac{b}{2}\right)^2 & \backslash\text{AddNode}\backslash \\
414 y - y_S & = & (x - x_S)^2 & \\
415 S(x_S; y_S) & = & S\left(-\frac{b}{2}; \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c\right) & \\
416 & & \backslash\text{soit}\backslash, & \\
417 & & S\left(-\frac{b}{2}; \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c\right) & \\
418 & & \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c & \\
419 \end{array} \\
420 \end{NodesList}
421 \]
422 \tikzstyle{LabelStyle}=[right=0.5cm,pos=0.25,text=red]
423 \LinkNodes[marge=5cm]{%
424 \begin{minipage}{3cm}
425 Ajoutons à chaque membre $\left(\frac{b}{2}\right)^2 - c$
426 \end{minipage}}%
427 \end{NodesList}
428

```

## 9. Utilisation avec divers environnements

### Exemple n° 26 Avec `gather`

Un autre exemple provenant de `Mathmode.tex` que j'ai un peu modifié

$$\begin{array}{r}
 \boxed{3(x^2 - 3) = 4} \quad (7) \\
 x^2 - 3 = \frac{4}{3} \quad (8) \\
 \text{il ne reste plus qu'...} \\
 x^2 = \frac{13}{3} \quad (9) \\
 x = \sqrt{\frac{13}{3}} \quad (10)
 \end{array}$$

```

429 \begin{center}
430 \fbox{%
431 \begin{minipage}{10cm}
432 \begin{NodesList}
433 \begin{gather}
434 \boxed{ 3(x^2-3) =4 } \quad \backslash\AddNode\backslash
435 x^2-3 =\frac{4}{3} \quad \backslash\AddNode\backslash
436 \intertext{\hfil il ne reste plus qu'... \hfil}
437 x^2 =\frac{13}{3} \quad \backslash\AddNode\backslash
438 x =\sqrt{\frac{13}{3}} \quad \backslash\AddNode %
439 \end{gather}
440 \LinkNodes[marge=1cm]{\div 3}%
441 \LinkNodes[marge=2cm]{+3}%
442 \LinkNodes[marge=3cm]{\sqrt{\ldots}}
443 \end{NodesList}
444 \end{minipage}%
445 }
446 \end{center}

```

**Exemple n° 27** avec `gather*` et `align*`

Exemple provenant de Mathmode.tex

$$\begin{array}{l}
 m_2 = m_2' + m_2'' \quad \leftarrow \text{(i)} \\
 = \frac{V_2'}{v_2'} + \frac{V_2''}{v_2''} \\
 \Rightarrow m_2 v_2' = V - V_2'' + V_2'' \frac{v_2'}{v_2''} \quad \leftarrow \text{(ii)} \\
 \\
 m_2 = m_2' + m_2'' \quad \leftarrow \text{(iii)} \\
 = \frac{V_2'}{v_2'} + \frac{V_2''}{v_2''} \\
 \Rightarrow m_2 v_2' = V - V_2'' + V_2'' \frac{v_2'}{v_2''}
 \end{array}$$

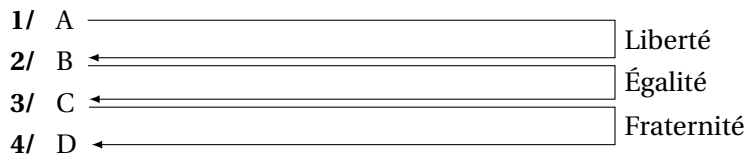
```

447 \begin{minipage}{\linewidth}
448   \begin{NodesList}
449     \begin{gather*}
450       \begin{align*}
451         m_2 &= m_2' + m_2'' && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
452         &= \frac{V_2'}{v_2'} + \frac{V_2''}{v_2''} && \\
453       \end{align*} &&& \backslash\backslash
454       \Rightarrow m_2 v_2' = V - V_2'' + V_2'' \frac{v_2'}{v_2''} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
455     \end{gather*}
456     \begin{gather*}
457       \begin{align*}
458         m_2 &= m_2' + m_2'' && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
459         &= \frac{V_2'}{v_2'} + \frac{V_2''}{v_2''} && \%<<<====
460       \end{align*} &&& \backslash\backslash
461       \Rightarrow m_2 v_2' = V - V_2'' + V_2'' \frac{v_2'}{v_2''} && \backslash\text{AddNode}\backslash\backslash
462     \end{gather*}
463     \LinkNodes{(i)}
464     \LinkNodes{(ii)}
465     \LinkNodes{(iii)}
466   \end{NodesList}
467 \end{minipage}
468

```

**Exemple n° 28** Avec `enumerate`

Exemple ayant peu d'intérêt si ce n'est de montrer que l'on peut utiliser l'environnement `NodesList` avec une liste `enumerate`



```

469 \begin{NodesList}[marge=8cm]
470 \begin{enumerate}
471 \item A \AddNode
472 \item B \AddNode
473 \item C \AddNode
474 \item D \AddNode
475 \end{enumerate}
476 \LinkNodes{Liberté}%
477 \LinkNodes{Égalité}%
478 \LinkNodes{Fraternité}
479 \end{NodesList}
480

```

**Exemple n° 29** Avec `flalign`

Un autre exemple tiré de `Mathmode.tex`

$$x = 2 \quad \text{if } y > 2 \quad \leftarrow \text{Deux cas sont à étudier} \quad (11)$$

$$x = 3 \quad \text{if } y \leq 2 \quad \leftarrow \text{Deux cas sont à étudier} \quad (12)$$

```

481 \begin{NodesList}
482 \begin{flalign}
483 x & = 2 \quad \text{\quad} \text{\text{if } } y > 2 \quad \text{\AddNode} & \text{\quad} \text{\quad} \\
484 x & = 3 \quad \text{\quad} \text{\text{if } } y \leq 2 \quad \text{\AddNode} & \text{\quad} \text{\quad} \\
485 \end{flalign}
486 {\tikzstyle{ArrowStyle}+=[<->,red]
487 \tikzstyle{LabelStyle}+=[left,text=blue]
488 \LinkNodes{Deux cas sont à étudier}}
489 \end{NodesList}
490

```