Zeitschrift: L'Enseignement Mathématique

Herausgeber: Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique

**Band:** 32 (1986)

**Heft:** 1-2: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

Artikel: L'UNICITÉ POUR LES PROBLÈMES DE CAUCHY LINÉAIRES DU

PREMIER ORDRE

Autor: Raymond, Xavier Saint

**Kapitel:** 2.3. Ajustement des fonctions \$u\_k\$

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-55077

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 02.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Il en résulte que  $w \in B^{\infty}(\mathbb{R}^{n-1} \times \mathbb{R} \times \overline{\mathbb{R}}_{+})$  car w est continue sur K comme somme d'une série uniformément convergente de fonctions continues sur K.

On a w(y, 0, 0) = 1, et si on a choisi le compact K assez petit, on a aussi  $|w| > \frac{1}{2}$  dans K (un tel compact K pourra être choisi après coup, une fois que les  $\lambda_j$  auront été fixés); il en résulte que  $|(D^{\gamma}w)/w|$  reste inférieur à 2 pour  $\varepsilon \leq (\lambda_{|\gamma|})^{-1}$ . Comme on peut écrire  $D^{\alpha}(Nw_j/w)$  comme une somme (algébrique) comportant au plus  $(|\alpha|+1)! \times 2$  termes de la forme  $\left[(D^{\beta}Nw_j)/w\right]\left[(D^{\gamma_1}w)/w\right]...\left[(D^{\gamma_{|\alpha|}}w)/w\right]$  (avec  $\alpha = \beta + \gamma_1 + ... + \gamma_{|\alpha|}$ , par la formule de Leibniz), on obtient une majoration

$$|D^{\alpha}(Nw_j/w)| \leq (|\alpha|+1)! 2^{|\alpha|+2} \sup \{|D^{\beta}Nw_j| |\beta \leq \alpha\}$$

pourvu que  $\varepsilon \leq (\lambda_{|\alpha|})^{-1}$ . Si donc nous demandons pour tout J que

$$\lambda_{J} > (J+1)! \ 2^{J+2} \sup \left\{ \mid D^{\alpha}Nw_{j}(y, s, \varepsilon) \mid \mid (y, s, \varepsilon) \in K, \mid \alpha \mid \leq J \right.$$

$$et \quad j \leq J+1 \right\},$$

alors pour  $(\lambda_{J+1})^{-1} \leq \epsilon \leq (\lambda_J)^{-1}$ ,

$$Mw = \varepsilon^{J-5} \left[ Nw_J (1 - \chi(\lambda_{J+1}\varepsilon)) + Nw_{J+1}\varepsilon \chi(\lambda_{J+1}\varepsilon) \right]$$

d'où  $|D^{\alpha}(Mw/w)| \leq 2\varepsilon^{J-6}$  pour  $|\alpha| \leq J$  (et  $(\lambda_{J+1})^{-1} \leq \varepsilon \leq (\lambda_{J})^{-1}$  et  $(y, s, \varepsilon) \in K$ ). Cette majoration étant obtenue pour tout J, on peut remplacer la condition  $(\lambda_{J+1})^{-1} \leq \varepsilon \leq (\lambda_{J})^{-1}$  par  $\varepsilon \leq (\lambda_{J})^{-1}$ .

Pour  $\alpha \in \mathbb{N}^n$  et  $\nu \in \mathbb{N}$  fixés, on obtient, en posant  $J = 6(1+|\alpha|) + 3\nu$ , que pour  $(y, s, \varepsilon) \in K$  et  $\varepsilon \leq (\lambda_J)^{-1}$ ,

$$|\partial^{\alpha}((L+c_0)h/h)| = |\varepsilon^{-6\alpha_t}D^{\alpha}(Mw/w)| \leq 2\varepsilon^{3\nu} = 2\delta^{\nu}.$$

## 2.3. Ajustement des fonctions $u_k$

Nous posons

$$\delta_k = k^{-3/4}, l_k = \delta_k - \delta_{k+1} \left( \sim \frac{3}{4} k^{-7/4} \right) \quad \text{et} \quad m_k = \frac{1}{3} \delta_k + \frac{2}{3} \delta_{k+1}.$$

Puis nous considérons les fonctions  $h_k(y, t) = h(y, t, \delta_k)$  définies par (2.3); ces fonctions vérifient (2.2) pour k suffisamment grand et  $t \in ]\delta_{k+1}, \delta_{k-1}[$  pourvu que  $\delta_k^{-2} l_k$  tende vers 0 lorsque k tend vers l'infini, ce qui est bien le cas puisque  $\delta_k^{-2} l_k \sim \frac{3}{4} k^{-1/4}$ .

En vue de poser  $u = h_k + h_{k+1}$  pour t voisin de  $m_k$  et de montrer que  $a = -(L+c_0)u/u$  est  $C^{\infty}$ , il nous faut déterminer le lieu d'équation  $h_{k+1} = -h_k$  (qui est contenu dans le lieu d'équation  $|h_{k+1}| = |h_k|$ ).

PROPOSITION 2.4. Sous les hypothèses précédentes, il existe un voisinage Y de  $y_0$ , une fonction  $\gamma \in B^{\infty}(\mathbf{R}^{n-1} \times \overline{\mathbf{R}}_+)$  à valeurs réelles telle que  $\gamma(y,0) > 0$  pour  $y \in Y$ , et trois suites de fonctions  $e_k \in C^{\infty}(\mathbf{R}^{n-1})$ ,  $f_k$  et  $g_k \in C^{\infty}(\mathbf{R}^{n-1} \times \mathbf{R})$  à valeurs réelles telles que les fonctions  $h_k(y,t) = h(y,t,\delta_k)$  définies en (2.3) (avec la fonction  $\gamma$  ci-dessus) vérifient  $h_k/h_{k+1} = \exp\left[f_k + ig_k\right]$  avec

(2.4) 
$$\begin{cases} \lim_{k \to \infty} \left( \sup_{Y} |f_{k}(y, m_{k})| \right) = 0, \\ et \quad \partial_{t} f_{k}(y, t) > \frac{\beta_{0} k^{2}}{2} \quad sur \quad Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_{k}[;] \end{cases}$$

(2.5) 
$$\begin{cases} \text{pour tout } \alpha \in \mathbb{N}^n, \text{ il existe } C_{\alpha} \text{ et } \nu_{\alpha} \in \mathbb{N} \text{ tels que sur} \\ Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_k[, |\partial^{\alpha} f_k(y, t)| \leq C_{\alpha} k^{\nu_{\alpha}} \text{ et } |\partial^{\alpha} g_k(y, t)| \leq C_{\alpha} k^{\nu_{\alpha}}; \end{cases}$$

(2.6) 
$$\begin{cases} |h_k(y,t)| = |h_{k+1}(y,t)| \Leftrightarrow t = m_k + e_k(y) \\ et e_k(y) = o(l_k) \quad (pour \ k \to \infty). \end{cases}$$

Démonstration. Posons

$$\varphi_k(y, t) = \delta_k^{-4-k_1-k_2} \varphi(y, t, \delta_k) \text{ et } w_k(y, t) = w(y, \delta_k^{-2}(t-\delta_k), \delta_k^{1/3});$$

les constructions s'effectuent en trois temps.

1. Construction de γ. Nous allons choisir la fonction γ de telle sorte que

$$\text{Log} | h_k(y, m_k) | - \text{Log} | h_{k+1}(y, m_k) | = 0,$$

du moins si on néglige l'influence de w dans la formule (2.3). Nous posons donc

$$I_{k}(y) = \operatorname{Re} \varphi_{k}(y, m_{k}) - \operatorname{Re} \varphi_{k+1}(y, m_{k})$$

$$= \left[ \beta(y, 0, 0) + o(1) \right] \left[ -\frac{4}{9} \delta_{k}^{-5} l_{k}^{2} + \frac{1}{9} \delta_{k+1}^{-5} l_{k}^{2} \right] \quad (\text{pour } k \to \infty)$$

d'après (2.1), et donc si on a choisi Y de telle façon que  $\beta(y, 0, 0) > 0$  pour  $y \in Y$  (ce qui est possible grâce à (2.1)),

$$I_k(y) \sim -\frac{1}{3} \beta(y, 0, 0) \delta_k^{-5} l_k^2 \sim -\frac{3}{16} \beta(y, 0, 0) k^{1/4} \quad \text{pour} \quad y \in Y.$$

Remarquons que de même, pour tout  $\alpha \in \mathbb{N}^{n-1}$ ,

$$|\partial^{\alpha} I_{k}(y)| \leqslant C_{\alpha} k^{1/4}$$
.

Nous posons alors, pour  $k_0$  assez grand,  $\gamma_k(y) = -\sum_{j=k_0}^{k-1} I_j(y)$ ; nous avons:

$$\gamma_k(y) \sim \frac{3}{20} \beta(y, 0, 0) k^{5/4} = \frac{3}{20} \beta(y, 0, 0) \delta_k^{-5/3}, \text{ et}$$

$$|\partial^{\alpha} \gamma_k(y)| \leqslant C_{\alpha} \delta_k^{-5/3} \quad \text{pour tout} \quad \alpha \in \mathbf{N}^{n-1},$$

et il existe donc une fonction  $\gamma \in B^{\infty}(\mathbb{R}^{n-1} \times \overline{\mathbb{R}}_+)$  telle que pour tout  $k \ge k_0$ ,  $\gamma_k(y) = \delta_k^{-5/3} \gamma(y, \delta_k)$  et que  $\gamma(y, 0) = \frac{3}{20} \beta(y, 0, 0) > 0$  pour  $y \in Y$ .

2. Construction des suites  $f_k$  et  $g_k$ . Comme  $\delta_k^{-2} l_k$  tend vers 0 quand k tend vers l'infini, la fonction w fournie par la proposition 2.3 vérifie

(2.7) 
$$\lim_{k \to \infty} \left( \sup_{Y \times ]\delta_{k+1}, \, \delta_{k-1}[} | w_k(y, t) - 1 | \right) = 0;$$

nous utiliserons donc la détermination principale du logarithme de w, qui possède les mêmes propriétés de régularité que w; nous posons

$$f_k = \operatorname{Re} \operatorname{Log} w_k - \operatorname{Re} \operatorname{Log} w_{k+1} + \gamma_k - \gamma_{k+1} + \operatorname{Re} \varphi_k - \operatorname{Re} \varphi_{k+1}$$

$$g_k = \operatorname{Im} \operatorname{Log} w_k - \operatorname{Im} \operatorname{Log} w_{k+1} + \operatorname{Im} \varphi_k - \operatorname{Im} \varphi_{k+1}.$$

Nous avons donc (cf. (2.3))  $h_k/h_{k+1} = \exp [f_k + ig_k]$ , et grâce au choix de  $\gamma$  et à (2.7) nous obtenons la première moitié de (2.4) soit  $\lim_{k \to \infty} \left( \sup_{Y} |f_k(y, m_k)| \right)$  = 0. De plus, il est facile de vérifier (2.5) sur les formules ci-dessus définissant  $f_k$  et  $g_k$ .

3. Construction de la suite  $e_k$ . Compte tenu de ce qui précède, il ne nous reste plus qu'à montrer la minoration de  $\partial_t f_k$  (deuxième moitié de (2.4)) et (2.6). Mais (2.6) découle de (2.4) parce que  $|h_{k+1}(y,t)| = |h_k(y,t)|$  équivaut à  $f_k(y,t) = 0$  et que  $k^2 l_k \left( \sim \frac{3}{4} k^{1/4} \right)$  tend vers l'infini avec k.

En reprenant l'expression de  $f_k$  ci-dessus, calculons-en la dérivée par rapport à t

$$\partial_t f_k = \delta_k^{-2} \operatorname{Re} \left( \partial_s w_k / w_k \right) - \delta_{k+1}^{-2} \operatorname{Re} \left( \partial_s w_{k+1} / w_{k+1} \right) + \partial_t \operatorname{Re} \varphi_k - \partial_t \operatorname{Re} \varphi_{k+1}.$$

Les deux premiers termes sont  $O(\delta_k^{-2})$  lorsque k tend vers l'infini (cf. (2.7)); pour estimer les deux autres, on écrit, grâce à (2.1)

$$\delta^{1-k_1-k_2} \partial_t \operatorname{Re} \varphi(y, t, \delta) = -2(t-\delta)\beta(y, \delta^{-1}(t-\delta), \delta) - \delta^{-1}(t-\delta)^2 \partial_\sigma \beta(y, \delta^{-1}(t-\delta), \delta) \leq -\beta_0(t-\delta)$$

pourvu que  $|y - y_0|$ ,  $\delta^{-2}(t - \delta)$  et  $\delta$  soient suffisamment petits. On obtient donc

$$\begin{split} \partial_t f_k(y,t) &\geqslant \beta_0 \delta_k^{-5} (\delta_k - t) + \beta_0 \delta_{k+1}^{-5} (t - \delta_{k+1}) + O(\delta_k^{-2}) \\ &\geqslant \beta_0 \delta_k^{-5} (\delta_k - \delta_{k+1}) + \beta_0 (t - \delta_{k+1}) \left( \delta_{k+1}^{-5} - \delta_k^{-5} \right) + O(\delta_k^{-2}) \\ &\geqslant \beta_0 \delta_k^{-5} l_k + O(\delta_k^{-5} l_k k^{-1}) + O(\delta_k^{-2}) \quad \text{(pour } k \to \infty \text{)} \,. \end{split}$$

Enfin, 
$$\delta_k^{-5} l_k \sim \frac{3}{4} k^2$$
 et  $\delta_k^{-2} = k^{3/2}$ , d'où (2.4) puis (2.6).

Maintenant que nous avons circonscrit le lieu où u s'annule (par (2.6)), il faut nous assurer que  $(L+c_0)u$  s'annule suffisamment en ce même lieu pour que  $(L+c_0)u/u$  soit régulière. Pour cela, nous devons modifier les fonctions  $h_k$ .

PROPOSITION 2.5. Sous les hypothèses précédentes, il existe un voisinage Y de  $y_0$ , un entier  $k_0$  et trois suites de fonctions  $u_k \in C^\infty(Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_{k-1}[)$  à valeurs complexes et  $F_k$  et  $G_k \in C^\infty(Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_k[)$  à valeurs réelles tels que si l'on pose

$$r_k(y, t) = (L + c_0)u_k(y, t)/u_k(y, t)$$
  
 $v_k(y, t) = u_k(y, t)/u_{k+1}(y, t)$ 

on ait  $v_k = \exp[F_k + iG_k]$ , et  $r_k$ ,  $F_k$  et  $G_k$  possèdent les propriétés suivantes pour  $k \ge k_0$ :

(2.8) 
$$\begin{cases} r_k(y,t) & \text{et } r_{k+1}(y,t) \text{ sont } \ll \text{plates } \gg \text{sur } t = m_k + e_k(y) \\ (\text{ce qui signifie que toutes leurs dérivées s'y annulent}); \end{cases}$$

(2.9) 
$$\begin{cases} pour \ tout \quad \alpha \in \mathbb{N}^n \ et \ tout \quad \nu \in \mathbb{N}, \\ \lim_{k \to \infty} \left( \sup_{\mathbf{Y} \times ]\delta_{k+1}, \delta_{k-1}[} |k^{\nu} \partial^{\alpha} r_k(\mathbf{y}, t)| \right) = 0; \end{cases}$$

(2.10) 
$$\begin{cases} F_k(y, m_k + e_k(y)) = 0 \\ et \quad \partial_t F_k(y, t) \geqslant \frac{\beta_0 k^2}{3} \quad sur \quad Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_k[;] \end{cases}$$

(2.11) 
$$\begin{cases} \text{pour tout } \alpha \in \mathbb{N}^n, \text{ il existe } C_{\alpha} \text{ et } \nu_{\alpha} \in \mathbb{N} \text{ tels que sur} \\ Y \times ]\delta_{k+1}, \delta_k[, |\partial^{\alpha} F_k(y, t)| \leqslant C_{\alpha} k^{\nu_{\alpha}} \text{ et } |\partial^{\alpha} G_k(y, t)| \leqslant C_{\alpha} k^{\nu_{\alpha}}. \end{cases}$$

Démonstration: en deux parties.

1. Construction de la suite  $u_k$ . Nous choisissons les fonctions  $u_k(y, t)$  par la formule  $u_k = h_k(1 + \varepsilon_k)$  avec

$$\varepsilon_k(y, t) = \varepsilon(y, l_k^{-1}(t - \delta_k), \delta_k)$$

où la fonction  $\varepsilon(y, \tau, \delta)$  est à choisir. Pour obtenir (2.8), il faudra que pour tout  $\alpha \in \mathbb{N}^n$ ,

$$\partial^{\alpha} [(L+c_0)h_k/h_k] + \partial^{\alpha} [L\epsilon_k/(1+\epsilon_k)] = 0$$

sur  $t = m_k + e_k(y)$  et sur  $t = m_{k-1} + e_{k-1}(y)$ . Si nous demandons de plus à la fonction  $\varepsilon$  de s'annuler sur les fermés  $\Phi_k$  et  $\Psi_k$  définis ci-dessous, ces conditions sont encore équivalentes à la suite d'équations suivante:

$$(2.12) \begin{cases} \text{pour tout } j \geq 1 \text{ et tout } k \geq k_0, \\ \partial_{\tau}^{j} \varepsilon(y, \tau, \delta) = \varphi_{j,k}(y) \text{ sur} \end{cases}$$

$$\Phi_{k} = \{(y, \tau, \delta) \mid y \in \overline{Y}, \delta = \delta_{k} \text{ et } \tau = l_{k}^{-1}(m_{k} + e_{k}(y) - \delta_{k})\},$$

$$\partial_{\tau}^{j} \varepsilon(y, \tau, \delta) = \psi_{j,k}(y) \text{ sur}$$

$$\Psi_{k} = \{(y, \tau, \delta) \mid y \in \overline{Y}, \delta = \delta_{k} \text{ et } \tau = l_{k}^{-1}(m_{k-1} + e_{k-1}(y) - \delta_{k})\},$$

où les fonctions  $\varphi_{j,k}(y)$  et  $\psi_{j,k}(y)$  s'expriment en fonction des dérivées de  $(L+c_0)h_k/h_k$  et sont donc à décroissance rapide en k ainsi que toutes leurs dérivées grâce à (2.2). Nous demanderons aussi à la fonction  $\varepsilon$  de vérifier

(2.13) 
$$\begin{cases} \text{ pour tout } l > 0 \text{ et tout } j \ge 0, \text{ ainsi que pour } j = l = 0, \\ \text{ et pour tout } k \ge k_0, \partial_{\tau}^j \partial_{\delta}^l \varepsilon(y, \tau, \delta) = 0 \text{ sur } \Phi_k \text{ et } \Psi_k, \text{ et } \end{cases}$$

(2.14) 
$$\partial_{\delta}^{l} \varepsilon(y, \tau, 0) = 0 \quad \text{pour tout} \quad l \geqslant 0.$$

Il existe une fonction  $\varepsilon \in C^{\infty}(\mathbb{R}^{n-1} \times \mathbb{R} \times \mathbb{R})$  vérifiant (2.12), (2.13) et (2.14): elle nous est fournie par le théorème d'extension de Whitney [26] appliqué au fermé

$$\{(y, \tau, \delta) \in \mathbf{R}^{n-1} \times \mathbf{R} \times \mathbf{R} \mid \delta = 0\} \cup \left(\bigcup_{k \geq k_0} \Phi_k\right) \cup \left(\bigcup_{k \geq k_0} \Psi_k\right).$$

Les conditions de compatibilité requises pour pouvoir utiliser ce théorème sont trivialement vérifiées puisque les fonctions  $\varphi_{j,k}$  et  $\psi_{j,k}$  sont à décroissance rapide en k ainsi que leurs dérivées, et que  $l_k^{-1}(m_k + e_k(y) - \delta_k)$ 

$$= -\frac{2}{3} + O(k^{-1}) \text{ et } l_k^{-1} (m_{k-1} + e_{k-1}(y) - \delta_k) = \frac{1}{3} + O(k^{-1}) \text{ (pour } k \to \infty).$$

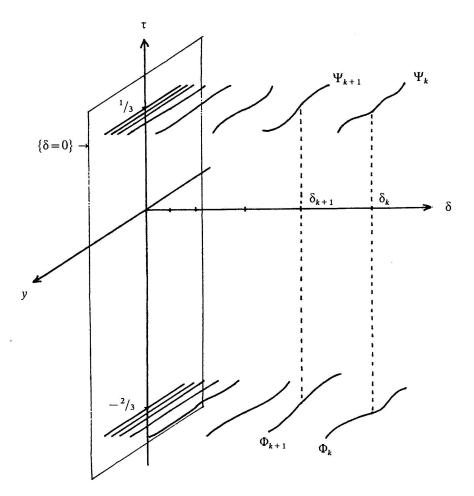


FIGURE 2.1.
Le fermé auquel on applique le théorème de Whitney.

2. Construction des suites  $F_k$  et  $G_k$ . Les équations (2.12) ont été choisies pour que  $r_k$  et  $r_{k+1}$  soient plates sur  $t = m_k + e_k(y)$ : la propriété (2.8) est donc acquise. De la condition (2.14) nous tirons que pour tout  $\alpha \in \mathbb{N}^n$  et tout  $v \in \mathbb{N}$ ,

(2.15) 
$$\lim_{k\to\infty} \left( \sup_{Y\times ]\delta_{k+1},\delta_{k-1}[} |k^{\nu}\partial^{\alpha}\varepsilon_{k}| \right) = 0,$$

et par conséquent, on obtient (2.9) en utilisant (2.2) et la formule

$$\partial^{\alpha} r_{k} = \partial^{\alpha} [(L + c_{0})h_{k}/h_{k}] + \partial^{\alpha} [L \varepsilon_{k}/(1 + \varepsilon_{k})].$$

L'estimation (2.15) permet aussi d'utiliser la détermination principale du logarithme de  $1 + \varepsilon$ ; nous posons donc:

$$F_k = f_k + \operatorname{Re} \operatorname{Log} (1 + \varepsilon_k) - \operatorname{Re} \operatorname{Log} (1 + \varepsilon_{k+1})$$
  
$$G_k = g_k + \operatorname{Im} \operatorname{Log} (1 + \varepsilon_k) - \operatorname{Im} \operatorname{Log} (1 + \varepsilon_{k+1}).$$

Nous avons alors  $v_k = \exp[F_k + iG_k]$ , et  $F_k$  et  $G_k$  vérifient (2.10) et (2.11) grâce à ces formules qui les définissent et à (2.4), (2.5), (2.6), (2.13) (j=l=0) et (2.15).

# 2.4. Construction des fonctions u et a

Par un calcul élémentaire nous voyons que pour  $y \in Y$  et k assez grand,  $\delta_{k+1} < \delta_k - \frac{3}{4} l_k < m_k + e_k(y) < \delta_{k+1} + \frac{3}{4} l_{k+1} < \delta_k$ . Nous choisissons alors une fonction à valeurs réelles  $\chi \in C_0^{\infty}(\mathbf{R})$  telle que

$$\chi(\tau) = 1 \quad \text{pour} \quad \tau \in [-3/4, 3/4],$$
 
$$\text{supp } \chi \subset [-1, 1] \quad \text{et} \quad \chi(\tau) \in [0, 1] \quad \text{pour} \quad \tau \in [-1, 1];$$

puis avec  $\chi_k(t) = \chi(l_k^{-1}(t-\delta_k))$  nous posons

$$\begin{cases} u(y, t) = \sum_{k \geq k_0} \chi_k(t) u_k(y, t) & \text{pour } (y, t) \in Y \times ]0, \, \delta_{k_0}[, \\ u(y, t) = 0 & \text{pour } (y, t) \in Y \times ]-\delta_{k_0}, \, 0] \\ a(y, t) = -(L+c_0)u(y, t)/u(y, t) & \text{pour } u(y, t) \neq 0, \\ a(y, t) = 0 & \text{pour } u(y, t) = 0. \end{cases}$$

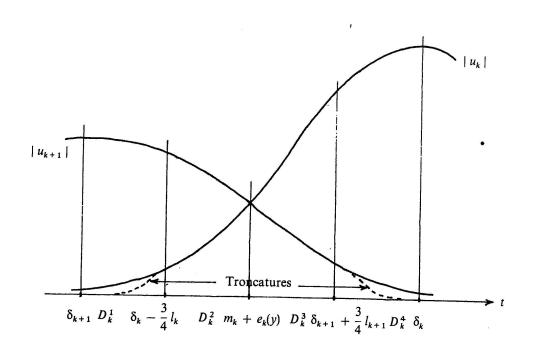


FIGURE 2.2. Profils des fonctions  $u_k$  et  $u_{k+1}$  pour  $t \in [\delta_{k+1}, \delta_k]$ .