

BULLETIN DE LA S. M. F.

J. BEUDON

Sur les singularités des équations aux dérivées partielles du premier ordre

Bulletin de la S. M. F., tome 26 (1898), p. 77-80

http://www.numdam.org/item?id=BSMF_1898__26__77_1

© Bulletin de la S. M. F., 1898, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Bulletin de la S. M. F. » (<http://smf.emath.fr/Publications/Bulletin/Presentation.html>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

**SUR LES SINGULARITÉS DES ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES
DU PREMIER ORDRE;**

Par M. J. BEUDON.

Étant donnée une équation aux dérivées partielles du premier ordre

$$(1) \quad f(x_1, \dots, x_n, z, p_1, \dots, p_n) = 0,$$

on sait qu'elle admet des caractéristiques linéaires définies par les équations suivantes :

$$\frac{dx_1}{\frac{\partial f}{\partial p_1}} = \dots = \frac{dx_n}{\frac{\partial f}{\partial p_n}} = \frac{dz}{\frac{\partial f}{\partial p_1} p_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial p_n} p_n} = \frac{-dp_i}{\frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial z}}.$$

Pour engendrer une intégrale quelconque, on choisit arbitrairement une multiplicité M_{n-1}^1 vérifiant l'équation proposée, et par

p_n est alors nulle, et l'on a

$$(4) \quad \frac{\partial f}{\partial p_n} - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial x_n}{\partial x_i} = 0.$$

Éliminant p_n entre les équations (3) et (4), on a une équation du premier ordre en z et x_n qui définit les multiplicités singulières.

J'effectue maintenant le changement de variables de Cauchy, qui consiste à remplacer les variables x_1, x_2, \dots, x_n par les variables $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y$, et je le choisis de manière que z, x_n, p_n étant considérés comme des fonctions de x_1, \dots, x_{n-1} , elles représentent des multiplicités singulières quel que soit y .

J'aurai

$$\frac{\partial z}{\partial y} = p_n \frac{\partial x_n}{\partial y},$$

d'où

$$\frac{\partial p_i}{\partial y} = \frac{\partial p_n}{\partial x_i} \frac{\partial x_n}{\partial y} - \frac{\partial p_n}{\partial y} \frac{\partial x_n}{\partial x_i}.$$

Différentions l'équation (1) par rapport à y ; nous aurons

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x_n} + \frac{\partial f}{\partial z} p_n \right) \frac{\partial x_n}{\partial y} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial f}{\partial p_i} \left(\frac{\partial p_n}{\partial x_i} \frac{\partial x_n}{\partial y} - \frac{\partial p_n}{\partial y} \frac{\partial x_n}{\partial x_i} \right) + \frac{\partial f}{\partial p_n} \frac{\partial p_n}{\partial y} = 0;$$

le coefficient de $\frac{\partial p_n}{\partial y}$ est nul par hypothèse, et l'on a

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x_n} + \frac{\partial f}{\partial z} p_n + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial x_n}{\partial x_i} \right) \frac{\partial x_n}{\partial y} = 0.$$

Pour avoir des multiplicités M'_{n-1} appartenant à (1) quel que soit y , il faut

$$(5) \quad \frac{\partial f}{\partial x_n} + \frac{\partial f}{\partial z} p_n + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial p_n}{\partial x_i} = 0.$$

Ces multiplicités sont donc définies par les équations (2), (4) et (5); on voit immédiatement qu'elles sont engendrées par les caractéristiques de l'équation (1).

Pour calculer les dérivées du second ordre, il faudra différencier l'équation (1) par rapport à x_1, x_2, \dots, x_n : on constatera

aisément l'indétermination du calcul des éléments du second ordre relatifs aux multiplicités précédentes.

2. Une multiplicité singulière étant donnée, on peut faire un changement de variables tel qu'elle soit représentée par les équations

$$z = 0, \quad x_n = 0, \quad p_1 = 0, \quad \dots, \quad p_{n-1} = 0, \quad p_n = \varphi(x_1, \dots, x_{n-1});$$

et même, en posant

$$z = z' + x_n \varphi(x_1, \dots, x_{n-1}),$$

par

$$z = 0, \quad x_n = 0, \quad p_1 = 0, \quad \dots, \quad p_{n-1} = 0, \quad p_n = 0.$$

Dans ces conditions on a

$$\frac{\partial f}{\partial p_n} = 0, \quad \frac{\partial f}{\partial x_i} = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n,)$$

pour les valeurs initiales précédentes.

L'équation (1) peut alors être mise sous la forme

$$p_{n-1} = \alpha_1 p_1 + \dots + \alpha_{n-2} p_{n-2} + \beta z + \dots,$$

les termes non écrits étant de degré supérieur à 1 par rapport à x_n et p_n , et ne renfermant pas de termes où x_1, \dots, x_{n-1} figurent seuls.

Cette équation possède une intégrale holomorphe qui se réduit à une fonction donnée de $x_1, x_2, \dots, x_{n-2}, x_n$ pour $x_{n-1} = 0$; mais, à cause des conditions précédentes, cette fonction, développée suivant les puissances de x_n , est de la forme

$$\varphi_2(x_1, \dots, x_{n-2}) x_n^2 + \varphi_3(x_1, \dots, x_{n-2}) x_n^3 + \dots$$

Il y a donc une infinité de surfaces intégrales qui passent par la multiplicité singulière M_{n-1}^1 engendrée par les caractéristiques.