

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 39 (1993)  
**Heft:** 1-2: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** GÈBRES  
**Autor:** Serre, Jean-Pierre  
**Kapitel:** 1.4. Conséquences d'une hypothèse de platitude  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-60413>

### **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:** 18.04.2026

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

*Exemples*

1) Prenons  $V = E$  et  $g = 1_E$ ; l'élément correspondant de  $\text{Hom}^C(E, C \otimes E)$  est le coproduit  $d_E: E \rightarrow C \otimes E$ .

2) Prenons  $V = K$ . On obtient une bijection  $\theta: E' \rightarrow \text{Hom}^C(E, C)$ . La bijection réciproque associe à tout morphisme  $f: E \rightarrow C$  la forme linéaire  $e \circ f$ .

## 1.4. CONSÉQUENCES D'UNE HYPOTHÈSE DE PLATITUDE

A partir de maintenant, on suppose que  $C$  est *plat* (comme  $K$ -module). Si  $V$  est un sous-module d'un module  $W$ , on identifie  $C \otimes V$  au sous-module correspondant de  $C \otimes W$ , et  $C \otimes (W/V)$  à  $(C \otimes W)/(C \otimes V)$ .

DÉFINITION 3. Soit  $E$  un  $C$ -comodule, et soit  $V$  un sous-module de  $E$ . On dit que  $V$  est stable par  $C$  (ou que c'est un sous-comodule de  $E$ ) si  $d_E$  applique  $V$  dans  $C \otimes V$ .

Si tel est le cas, on vérifie tout de suite que l'application  $d_V: V \rightarrow C \otimes V$  induite par  $d_E$  fait de  $V$  un comodule (d'où la terminologie); on définit de même le comodule quotient  $E/V$ .

*Exemples*

1) Soit  $(V_i)_{i \in I}$  une famille de sous-modules du comodule  $E$ . Si les  $V_i$  sont stables par  $C$ , il en est de même de  $\sum_{i \in I} V_i$  (resp. de  $\bigcap_{i \in I} V_i$  lorsque  $I$  est fini). Cela résulte des formules:

$$\begin{aligned} C \otimes (\sum V_i) &= \sum (C \otimes V_i) \\ \text{et} \quad C \otimes (\bigcap V_i) &= \bigcap (C \otimes V_i), \quad I \text{ fini,} \end{aligned}$$

cf. *Alg. Comm.*, chap. I, §2.

2) Si  $E$  est un comodule, le morphisme  $d_E: E \rightarrow C \otimes E$  identifie  $E$  à un sous-comodule de  $C \otimes E$  (muni du coproduit  $d \otimes 1_E$ , cf. n° 1.3). On notera que ce sous-comodule est même *facteur direct* dans  $C \otimes E$  comme  $K$ -module (mais pas en général comme comodule), en vertu de la formule (2) de la définition 1.

PROPOSITION 2. Soit  $f: E_1 \rightarrow E_2$  un morphisme de comodules. Alors  $\text{Ker}(f)$  et  $\text{Im}(f)$  sont stables par  $C$ ; de plus,  $f$  définit par passage au quotient un isomorphisme du comodule  $E_1/\text{Ker}(f)$  sur le comodule  $\text{Im}(f)$ .

Puisque  $C$  est plat,  $C \otimes \text{Ker}(f)$  est le noyau de  $1_C \otimes f$  et  $C \otimes \text{Im}(f)$  en est l'image. On en déduit aussitôt que  $\text{Ker}(f)$  et  $\text{Im}(f)$  sont stables par  $C$ . Le fait que  $f$  définisse un isomorphisme de  $E_1/\text{Ker}(f)$  sur  $\text{Im}(f)$  est immédiat.

**COROLLAIRE 1.** *La catégorie  $\text{Com}_C$  est une catégorie abélienne et le foncteur «module sous-jacent» est exact.*

C'est clair.

*Remarque.* Il est non moins clair que le foncteur «module sous-jacent» commute aux limites projectives finies et aux limites inductives quelconques.

**COROLLAIRE 2.** *Si  $V$  est un  $K$ -module injectif, le comodule  $C \otimes V$  est injectif dans  $\text{Com}_C$ .*

En effet, la proposition 1 montre que le foncteur

$$E \mapsto \text{Hom}^C(E, C \otimes V)$$

est exact.

**PROPOSITION 3.** *Soit  $V$  un sous-module d'un comodule  $E$ , et soit  $V^\circ$  l'ensemble des éléments  $x \in E$  tels que  $d_E(x)$  appartienne à  $C \otimes V$ . Alors  $V^\circ$  est un sous-comodule de  $E$ ; c'est le plus grand sous-comodule de  $E$  contenu dans  $V$ .*

Il faut d'abord prouver que  $V^\circ$  est stable par  $C$ , i.e. que  $d_E$  applique  $V^\circ$  dans  $C \otimes V^\circ$ . Or  $V^\circ$  est défini comme le noyau de l'homomorphisme  $E \rightarrow C \otimes E \rightarrow C \otimes (E/V)$ , la première flèche étant  $d_E$ . Puisque  $C$  est plat, il s'ensuit que  $C \otimes V^\circ$  est le noyau de l'homomorphisme

$$C \otimes E \rightarrow C \otimes C \otimes E \rightarrow C \otimes C \otimes (E/V),$$

la première flèche étant  $1_C \otimes d_E$ . Pour prouver que  $d_E(V^\circ)$  est contenu dans  $C \otimes V^\circ$ , il suffit donc de vérifier que le composé

$$V^\circ \rightarrow C \otimes E \rightarrow C \otimes C \otimes E \rightarrow C \otimes C \otimes (E/V)$$

est nul. Mais, d'après l'axiome (1) de la déf. 1, le composé  $(1_C \otimes d_E) \circ d_E$  est égal à  $(d \otimes 1_E) \circ d_E$ . Or  $d_E$  applique  $V^\circ$  dans  $C \otimes V$  par construction; l'image de  $V^\circ$  dans  $C \otimes C \otimes E$  est donc contenue dans  $(d \otimes 1_E)(C \otimes V)$ , donc dans  $C \otimes C \otimes V$ , et son image dans  $C \otimes C \otimes (E/V)$  est bien nulle.

D'autre part, l'axiome (2) de la déf. 1 montre que  $V^0$  est contenu dans  $(e \otimes 1_E)(C \otimes V)$ , donc dans  $V$ . Enfin, il est clair que tout sous-comodule de  $E$  contenu dans  $V$  est contenu dans  $V^0$ , cqfd.

Nous dirons qu'un comodule est de *type fini* (resp. libre, projectif, ...) si c'est un  $K$ -module de type fini (resp. un  $K$ -module libre, un  $K$ -module projectif, ...).

**COROLLAIRE.** *Supposons  $K$  noethérien. Tout comodule  $E$  est alors réunion filtrante croissante de ses sous-comodules de type fini.*

Il suffit évidemment de prouver ceci: si  $W$  est un sous-module de type fini de  $E$ , il existe un sous-comodule de  $E$ , qui est de type fini et contient  $W$ . Or  $d_E(W)$  est un sous-module de type fini de  $C \otimes E$ . On peut donc trouver un sous-module  $V$  de type fini de  $E$  tel que  $C \otimes V$  contienne  $d_E(W)$ . Soit  $V^0$  l'ensemble des  $x \in E$  tels que  $d_E(x) \in C \otimes V$ . D'après la proposition,  $V^0$  est un sous-comodule de  $E$  contenu dans  $V$ , donc de type fini (puisque  $K$  est noethérien). Il est clair que  $V^0$  contient  $W$ , cqfd.

## §2. COGÈBRES SUR UN CORPS

A partir de maintenant, l'anneau de base  $K$  est un *corps*.

### 2.1. SOUS-COGÈBRES

Soit  $C$  une cogèbre sur  $K$ , de coproduit  $d$  et de co-unité  $e$ .

**DÉFINITION 1.** *Un sous-espace vectoriel  $X$  de  $C$  est appelé une sous-cogèbre de  $C$  si  $d(X)$  est contenu dans  $X \otimes X$ .*

S'il en est ainsi, l'application linéaire  $d_X: X \rightarrow X \otimes X$  induite par  $d$  munit  $X$  d'une structure de cogèbre, ayant pour co-unité la restriction de  $e$  à  $X$ .

#### *Exemples*

1) Si  $(X_i)_{i \in I}$  est une famille de sous-cogèbres de  $C$ , la somme des  $X_i$  et l'intersection des  $X_i$  sont des sous-cogèbres de  $C$ . Cela se vérifie au moyen des formules:

$$\begin{aligned} \sum (X_i \otimes X_i) &\subset (\sum X_i) \otimes (\sum X_i) \\ \cap (X_i \otimes X_i) &= (\cap X_i) \otimes (\cap X_i) . \end{aligned}$$