

23 Juin 1969

Cher Deligne,

D'abord je vais vous expliquer comment se définissent les facteurs locaux du facteur de l'équation fonctionnelle des fonctions  $L$  d'Artin. Les fonctions  $L$  locales  $L(s, \sigma)$  associées à une représentation  $\sigma$  du groupe de Weil  $S_{K \setminus F}$  d'une extension galoisienne  $K$  d'un corps local non archimédien  $F$  se définissent par les quatre conditions suivantes.

- (i)  $L(s, \sigma)$  ne dépend que de la classe de la représentation  $\sigma$ .
- (ii) Si  $\sigma$  est de degré 1 et donc associé à un quasi-caractère  $\chi$  du groupe multiplicatif  $F^\times$  de  $F$  on a

$$L(s, \sigma) = L(s, \chi).$$

Si  $\chi$  est ramifié on a  $L(s, \chi) = 1$  mais si  $\chi$  est non ramifié et  $\varpi$  est une uniformisante de  $\mathfrak{P}_F$  alors on a

$$L(s, \chi) = \frac{1}{1 - \chi(\varpi)|\varpi|^s}.$$

- (iii)  $L(s, \sigma_1 \oplus \sigma_2) = L(s, \sigma_1)L(s, \sigma_2)$ .
- (iv) Si  $F \subseteq E \subseteq K$  et si  $\sigma$  est la représentation de  $W_{K/F}$  induite par la représentation  $\rho$  de  $W_{K/L}$  on a  $L(s, \rho) = L(s, \sigma)$ .

Les fonctions  $L$  locales pour un corps archimédien ne vous intéressent pas. La fonction  $L$  globale est, bien sûr, le produit des fonctions locales.

Soit  $F$  un corps local non archimédien et soit  $\psi = \psi_F$  un caractère additif non trivial de  $F$ . Si  $E$  est une extension finie et séparable du corps  $F$  soit  $\psi_{E/F}$  le caractère de  $E$  défini par  $\psi_{E/F}(x) = \psi_F(\text{tr}_{E/F}(x))$ .

Si  $\psi_E$  est un caractère non trivial arbitraire de  $E$  soit  $n = n(\psi_E)$  le plus grand entier tel que la restriction de  $\psi_E$  à  $\mathfrak{P}_E^{-n}$  soit triviale. Si  $\chi_E$  est un quasi-caractère de  $E^\times$  soit  $m = m(\chi)$  l'ordre du conducteur de  $\chi_E$ . Si  $U_E$  est le groupe des unités de  $O_E$ , l'anneau des entiers de  $E$ , et si  $O_E \gamma = \mathfrak{P}_E^{m+n}$  soit

$$\Delta(\chi_E, \psi_E) = \chi_E(\gamma) \frac{\int_{U_E} \psi_E\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right) \chi_E^{-1}(\alpha) d\alpha}{\left| \int_{U_E} \psi_E\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right) \chi_E^{-1}(\alpha) d\alpha \right|}.$$

$\Delta(\chi_E, \psi_E)$  ne dépend pas du choix de  $\gamma$ .

On a le théorème suivant.

**Théorème.** *Soit  $F$  un corps local archimédien et soit  $\psi_F$  un caractère additif non trivial de  $F$ . Alors il est possible, d'une manière unique, d'associer à chaque extension finie et séparable  $E$  de  $F$  un nombre complexe  $\lambda(E/F, \psi_F)$  et à chaque représentation  $\sigma$  du groupe de Weil de  $E$  un nombre complexe  $\epsilon(\sigma, \psi_{E/F})$  de sorte que les conditions suivantes soient vérifiées :*

- (i)  $\epsilon(\sigma, \psi_{E/F})$  ne dépend que de la classe de la représentation  $\sigma$ .

(ii) Si  $\sigma$  est de degré 1 et correspond au quasi-caractère  $\chi_E$  on a

$$\epsilon(\sigma, \psi_{E/F}) = \Delta(\chi_E, \psi_{E/F}).$$

(iii)  $\epsilon(\sigma_1 \oplus \sigma_2, \psi_{E/F}) = \epsilon(\sigma_1, \psi_{E/F})\epsilon(\sigma_2, \psi_{E/F})$ .

(iv) Si  $F \subseteq E$  et si  $\sigma$  est la représentation du groupe de Weil de  $F$  induite par la représentation  $\rho$  du groupe de Weil de  $E$  on a

$$\epsilon(\sigma, \psi_F) = \epsilon(\rho, \psi_{E/F})\lambda(E/F, \psi_F)^{\dim \rho}.$$

Ce théorème est bien sûr valable aussi pour les corps archimédiens. Soit  $\alpha_F^s$  le quasi-caractère  $a \rightarrow |a|_F^s$  de  $F^\times$  et, si  $\sigma$  est une représentation du groupe de Weil de  $F$ , soit

$$\epsilon(s, \sigma, \psi_F) = \epsilon(\alpha_F^{s-1/2} \otimes \sigma, \psi_F).$$

Si  $F$  est un corps global soit  $\psi_F$  un caractère non trivial de groupe  $\mathbf{A}/F$ . Pour toute place  $v$  de  $F$  soit  $\psi_{F_v}$  la restriction de  $\psi_F$  à  $F_v$ . Toute représentation  $\sigma$  du groupe de Weil de  $F$  détermine une représentation  $\sigma_v$  du groupe de Weil de  $F_v$ . Soit

$$L(s, \sigma) = \prod_v L(s, \sigma_v)$$

et soit

$$\epsilon(s, \sigma) = \prod_v \epsilon(s, \sigma_v, \psi_{F_v}).$$

C'est le produit de tous les facteurs locaux. Il ne dépend pas du choix de  $\psi_F$ . Si  $\tilde{\sigma}$  est la représentation contragrédiente à  $\sigma$ , l'équation fonctionnelle s'écrit comme

$$L(s, \sigma) = \epsilon(s, \sigma)L(1-s, \tilde{\sigma}).$$

Considérons encore les corps locaux. Il est possible de définir le conducteur d'Artin de chaque représentation  $\sigma$  et d'écrire

$$\epsilon(s, \sigma, \psi_F) = \epsilon(\sigma, \psi_F) |\varpi|^{(m(\sigma) + n(\psi_F) \dim \sigma)(s-1/2)},$$

où  $m(\sigma)$  est l'ordre du conducteur de  $\sigma$ . Si  $\rho = \chi$  est une représentation de degré 1 et si  $m(\rho) = 0$ , c'est à dire si  $\chi$  est non ramifié, soit  $\chi(\varpi) = |\varpi|^{s_1}$ . On a

$$\epsilon(s, \rho \otimes \sigma, \psi_F) = \epsilon(s + s_1, \sigma, \psi_F) = \chi(\varpi)^{(m(\sigma) + n(\psi_F) \dim \sigma)} \epsilon(s, \sigma, \psi_F).$$

Donc, par la troisième condition, si  $\rho$  est une représentation de degré arbitraire et si  $m(\rho) = 0$  on a

$$\epsilon(s, \rho \otimes \sigma, \psi_F) = (\det \rho(\varpi))^{(m(\sigma) + n(\psi_F) \dim \sigma)} \epsilon(s, \sigma, \psi_F)^{\dim \rho}.$$

Si  $s = 1/2$  ceci s'écrit

$$(*) \quad \epsilon(s, \rho \otimes \sigma, \psi_F) = (\det \rho(\varpi))^{(m(\sigma) + n(\psi_F) \dim \sigma)} \epsilon(\sigma, \psi_F)^{\dim \rho}.$$

Si  $\sigma$  est la représentation triviale on obtient

$$\epsilon(\rho, \psi_F) = (\det \rho(\varpi))^{n(\psi_F)}$$

et la formula (\*) s'écrit

$$(**) \quad \epsilon(\rho \otimes \sigma, \psi_F) = \epsilon(\rho, \psi_F)^{\dim \sigma} \epsilon(\sigma, \psi_F)^{\dim \rho} (\det \rho(\varpi))^{m(\sigma)},$$

où  $\det \rho$  est une représentation de degré 1 et donc un quasi-caractère.

Soient maintenant  $\rho$  et  $\sigma$  deux représentations globales. Nous supposons que leurs conducteurs sont disjoints. Vous avez écrit (peut-être par mégarde) que les conducteurs de  $\rho$  et de  $\rho \otimes \sigma$  étaient disjoints. Soit

$$\begin{aligned}\epsilon(\sigma) &= \prod_v \epsilon(\sigma_v, \psi_{F_v}) \\ \epsilon(\rho) &= \prod_v \epsilon(\rho_v, \psi_{F_v}) \\ \epsilon(\rho \otimes \sigma) &= \prod_v \epsilon(\rho_v \otimes \sigma_v, \psi_{F_v}).\end{aligned}$$

Si  $\varpi_{F_v}$  est une uniformisante de  $F_v$ , et  $\psi_v$  est la substitution de Frobenius, et si  $\rho_v$  est non ramifié nous pouvons écrire

$$\det \rho_v(\varpi_{F_v}) = \det(\rho_v(\varphi_v)).$$

Il résulte de la formule (\*\*\*) que

$$\epsilon(\rho \otimes \sigma) = \epsilon(\rho)^{\dim \sigma} \epsilon(\sigma)^{\dim \rho} \left\{ \prod_{m(\rho_v) > 0} \det \sigma_v(\psi_v)^{m(\rho_v)} \right\} \left\{ \prod_{m(\sigma_v) > 0} \det \rho_v(\psi_v)^{m(\sigma_v)} \right\}.$$

Est-ce que ceci est la formule que vous vouliez. Je ne suis pas sûr.

J'espère que vous m'enverrez des exemplaires de vos écrits sur la conjecture de Ramanujan et sur d'autres questions.

Bien à vous,

R. Langlands

Compiled on July 3, 2024.