

CORRECTION PHYSIQUE-CHIMIE CCINP/PSI/ 2019

Correction proposée par :
EL FILALI SAID
LYDEX/BENGUERIR
Maroc

PHYSIQUE CHIMIE DE L'AUTOMOBILE

Partie- I : Aspects aérodynamiques

Q1• Zones d'écoulement : Partout laminaire sauf juste en arrière où l'écoulement est turbulent.

- Le facteurs qui influe le coefficient aérodynamique C_x est le nombre de Reynolds :

$$\Re_e = \frac{\rho DV}{\eta}$$

Avec : V vitesse débitante ; D diamètre ; ρ la masse volumique et η la viscosité dynamique.

Q2• La vitesse maximale :

On a :

$$\mathcal{P} = FV \implies \mathcal{P} = \frac{1}{2} C_x \rho_o S V^3$$

Donc :

$$V = \sqrt[3]{\frac{2\mathcal{P}}{C_x \rho_o S}}$$

Application numérique :

$$V = 106 \text{ km h}^{-1}$$

Q3• Détermination de l'exposant x :

La consommation c exprimée en litres de carburant (L ou m^3) pou 100 km donc c est exprimée en m^2

Donc : $L^2 = V^x t^y \implies L^2 = L^x T^{-x} T^y$; il en résulte que

$$x = y = 2$$

Q4• En régime stationnaire on a : $dm_1 = dm_2$ c'est à dire $\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2$
Comme fluide incompressible ($\rho_1 = \rho_2$) et $S_1 = S_2$ alors

$$V_1 = V_2$$

Q5• Bilan de la quantité de matière donne :

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = D_m(\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

Donc :

$$\vec{F} = \rho_o V_1 S_e (\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

Q6• Détermination de la composante perpendiculaire : On a : $\vec{F}_{\text{air} \rightarrow \text{véhicule}} = -\vec{F}$ alors la composante perpendiculaire est :

$$F_{\perp} = \rho_o S_e V_1^2 (\sin \alpha - \sin \beta)$$

Partie- II : Alimentation électrique

Composition de l'atome

Q7• Composition du $^{207}_{82}\text{Pb}$:
82 électrons ; 82 protons (neutre) et $207-82=125$ neutrons.

Diagramme potentiel-pH du plomb

Q8• Détermination du nombre d'oxydation du plomb dans chaque espèce :

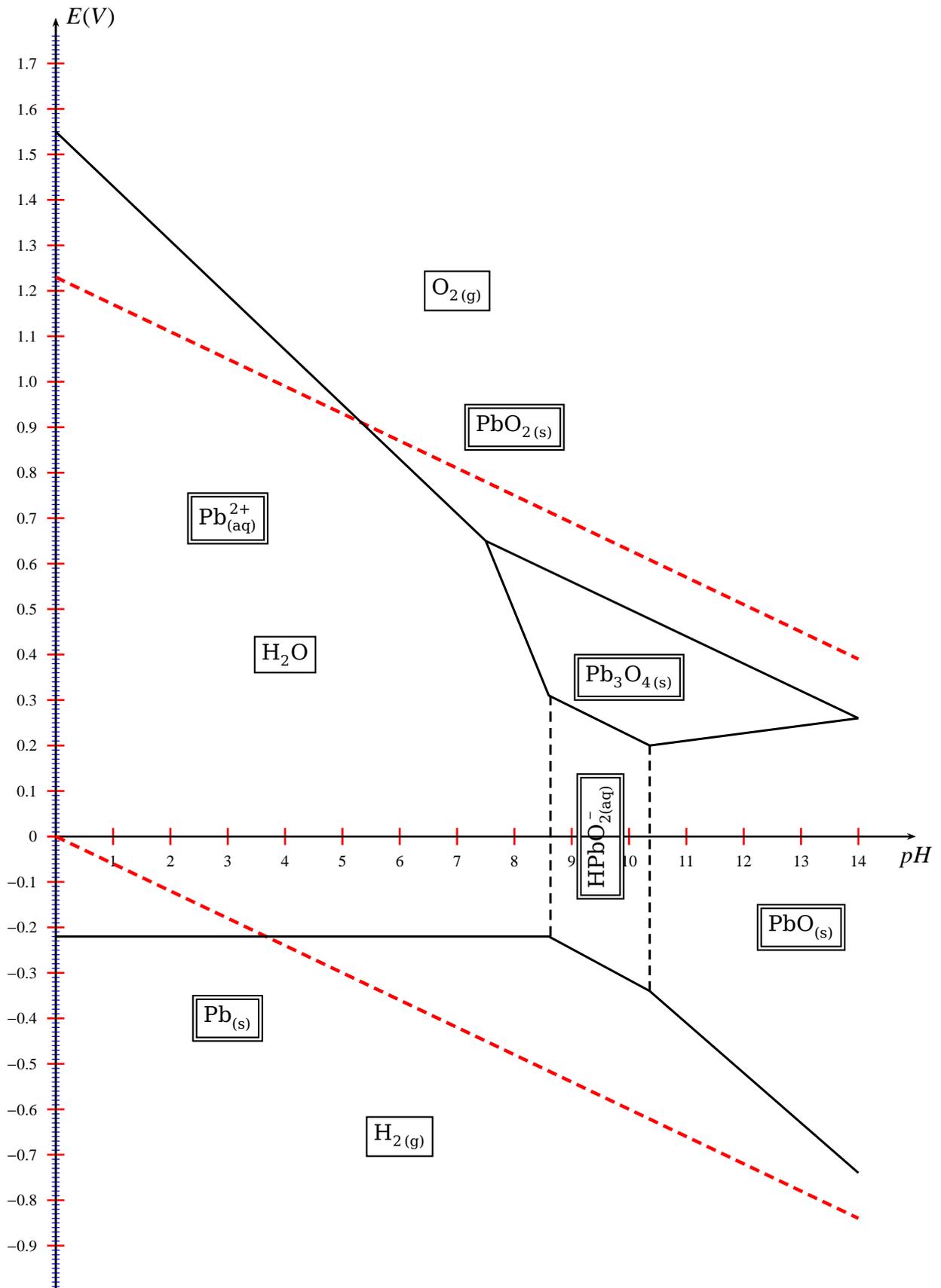
L'espèce	$\text{Pb}_{(s)}$	$\text{Pb}_{(aq)}^{2+}$	$\text{PbO}_{2(s)}$	$\text{PbO}_{(s)}$	$\text{HPbO}_{2(aq)}^-$	$\text{Pb}_3\text{O}_{4(s)}$
n.o	0	II	IV	II	II	VIII/III
Domaine	Existence	Prédominance	Existence	Existence	Prédominance	Existence

Le nombre d'oxydation de Pb_3O_4 est fractionné , donc il n'est pas compatible avec la quantification de la charge puisque le n.o est la charge formelle (multiple de e) qui apparaît sur un élément chimique supposant que toutes les liaisons sont ioniques.

Explication :

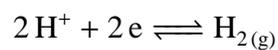
Sachant que : $\text{Pb}_3\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{PbO} + \text{PbO}_2$

Il est constitué de deux molécules de PbO (dont le n.o est II) et une molécule de PbO_2 (dont le n.o est IV) donc la valeur calculée est une valeur moyenne.



Q9• Les demi-équations redox de l'eau :

► Pour le couple H^+/H_2 :

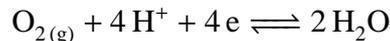


La loi de Nerst : $E = E^o + \frac{0,06}{2} \log \frac{[H^+]^2}{p(H_2)}$ ce qui donne :

$$E(H^+/H_2) = -0,06pH$$

C'est une droite de pente -0,06 qui passe par les points (0 ;0) et (14 ; -0,84).

► Pour le couple O_2/H_2O :



La loi de Nerst : $E = E^o + \frac{0,06}{4} \log [H^+]^4 p(O_2)$ ce qui donne :

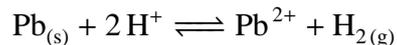
$$E(O_2/H_2O) = 1,23 - 0,06pH$$

C'est une droite de pente -0,06 qui passe par les points (0 ;1,23) et (14 ;0,39).

Q10• Après superposition des deux diagrammes, on constate que pour :

► $pH \leq 3,7$ (milieu acide) le plomb et l'eau n'ont pas un domaine commun, donc instable.

L'équation bilan :



► $pH \geq 3,7$ le plomb et l'eau ont un domaine commun, donc stable (pas de réaction).

Solubilité du sulfate de plomb dans une solution d'acide sulfurique

Q11• Détermination de la solubilité s du sulfate de plomb.

On a : $PbSO_{4(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+} + SO_4^{2-}$ ainsi $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$

L'ion SO_4^{2-} est commun pour les deux réactions.

Si on néglige les ions SO_4^{2-} provenant de $PbSO_4$ devant ceux provenant de l'acide H_2SO_4 de concentration C_A (acide fort) alors on peut écrire

$$[SO_4^{2-}] = C_A$$

Comme

$$K_s = [Pb^{2+}][SO_4^{2-}] \implies s = \frac{K_s}{C_A}$$

Application numérique :

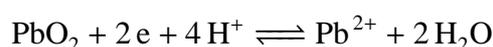
$$s = 3,2 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$$

Valeur très négligeable devant C_A

Accumulateur au plomb en fonctionnement générateur

Q12• Les demi-réactions chimiques, en fonctionnent générateur :

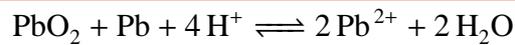
► Cathode (+) :



► Anode (-) :



► L'équation globale :



Q13• La tension de l'accumulateur dépend bien du pH (intervention des ions H^+ . Par conséquent , il est préférable d'utilisé l'acide sulfurique concentré (dans l'industrie on utilise 1 mol L^{-1})

Masse d'une batterie au plomb

Q14• Lors d'une association :

► Série :On somme les fem ainsi les résistances internes.

► Parallèle : On somme les courants et on diminue les résistances internes.

Q15• Pour une association série on a : $U = NU_o$ avec $U_o = 1,68 - (-0,33) = 2V$ (d'après la courbe)

Pour $U = 12 \text{ V}$ alors $N=6$.

Q16• La masse du plomb :

On a : $\text{Pb} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2e$ donc $\frac{n(e)}{2} = n(\text{Pb})$

Comme : $n(e) = \frac{Q}{N_A e} \Rightarrow n(e) = \frac{Q}{\mathcal{F}}$ et $n(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{M(\text{Pb})}$ alors

$$m(\text{Pb}) = \frac{QM(\text{Pb})}{2\mathcal{F}}$$

Partie- III : Aspects liés à la sécurité routière

III.1 Limitations de vitesse

Q17• On applique le théorème de l'énergie cinétique entre le début et la fin du freinage :

$$-\frac{1}{2}mV_o^2 = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$$

Ainsi la RFD donne

$$N = mg \quad \text{et} \quad T = fmg$$

Comme $W(\vec{P}) = 0$ (sol horizontal) et $W(\vec{R}) = -fmgD$ (puisque T est constante)

Alors :

$$V_o = \sqrt{2fgD}$$

Estimation de la distance D :

D'après les deux documents 6 et 7 :

$$D = 5 * (3 + 1,33) \Rightarrow D = 22 \text{ m}$$

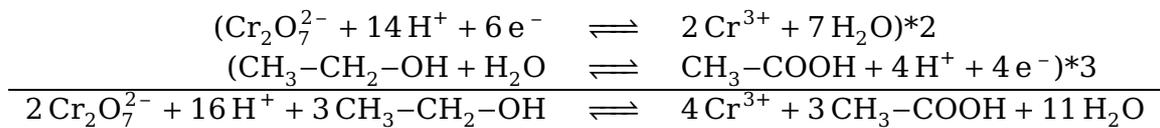
Par conséquent , la vitesse V_o vaut :

$$V_o = 67 \text{ km h}^{-1}$$

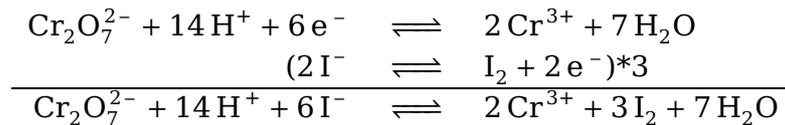
III.2 Contrôle d'alcoolémie

Q18• Les réactions de :

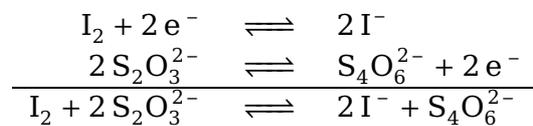
- L'éthanol sur le dichromate de potassium :



- L'iodure de potassium sur le dichromate de potassium :



- Le diiode sur le thiosulfate :



Q19•

- La couleur du diiode en solution aqueuse est brune.
 ► On peut déceler l'équivalence du dosage par l'ajout de l'empois d'amidon qui prend la couleur bleue en présence du diiode, c'est à dire l'équivalence est repérée par la disparition de la couleur bleue.

Q20• Détermination de la concentration initiale de l'alcool C_o .

On pose $n_o = C_o V_o$ le nombre de mole de l'alcool initial

Sachant que le nombre de mole d'alcool dans le volume V_4 est :

$$n_A = \frac{C_o V_o}{V_2} V_4$$

Et puisque d'après les réactions du dosage :

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{2n_A}{3} + \frac{n(\text{I}_2)}{3}$$

Ainsi

$$n(\text{I}_2) = \frac{n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2} \implies n(\text{I}_2) = \frac{C_6 V_{eq,6}}{2}$$

De même :

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{C_6 V_{eq,6}}{6} + 2 \frac{C_o V_o}{3V_2} V_4$$

En absence d'alcool :

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{C_6 V_{eq,7}}{6}$$

Par conséquent

$$\frac{C_6 V_{eq,7}}{6} = \frac{C_6 V_{eq,6}}{6} + 2 \frac{C_o V_o}{3V_2} V_4 \implies C_o = \frac{V_2 C_6 (V_{eq,7} - V_{eq,6})}{4V_o V_4}$$

Partie- IV : Aspects communications

IV.1 Communications radio, modulation d'amplitude

Q21• La valeur numérique de :

► Taux de modulation m :

$$m = \frac{7 - 3}{7 + 3} \Rightarrow m = 0,4$$

► La fréquence f_o :

Comme $12T_o = 12$ ms alors

$$f_o = 167 \text{ Hz}$$

► La fréquence f_p :

Comme $19T_p = 12$ ms alors

$$f_p = 1584 \text{ Hz}$$

Modulation par détection synchrone

Q22• L'unité de k est V^{-1} et sa valeur en TP est

$$k = 0,1V^{-1}$$

Q23• L'expression du signal $s_m(t)$

On a : $s_m(t) = ke_p(t) * u(t) \Rightarrow s_m(t) = kE_p U(1 + m \cos \omega_o t) \cos \omega_p t$

Après linéarisation, on obtient :

$$s_m(t) = \frac{kE_p U}{2} \left[1 + \cos(2\omega_p t) + m \cos(\omega_o t) + \frac{m}{2} \cos(\omega_o + 2\omega_p)t + \frac{m}{2} \cos(2\omega_p - \omega_o)t \right]$$

Représentation du spectre :



Q24• D'après l'expression de $u(t) = U(1 + m \cos \omega_o t) \cos \omega_p t$, on en déduit que le signal informatif présente une composante continue U_o et une composante alternative d'amplitude U_m et de fréquence f_o avec $m = \frac{U_m}{U_o} = 0,4$.

Alors pour retrouver ce signal on ajoute un filtre passe-bas de fréquence f_c telle que :

$$f_c \ll 10f_o \ll 2f_p - f_o$$

IV.2 Communications radio, modulation de fréquence

Étude du soustracteur

Q25• Le montage est stable si

$$(R_3 // R_4) < (R_1 // R_2)$$

Q26• On a :

$$V_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_d$$

De même, théorème de Millman donne :

$$V_- = \frac{1}{R_3 + R_4} (R_2 V_m + R_1 V_s)$$

L'amplificateur fonctionne en régime linéaire donc : $V_- = V_+$, il en résulte que :

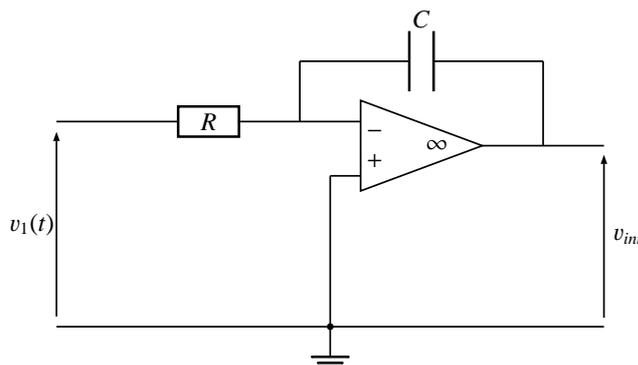
$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_d - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_m$$

Soustracteur parfait si

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \implies R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

Étude de l'intégrateur

Q27• Schéma du montage intégrateur théorique :



La relation entre $V_e(t)$ et $V_{int}(t)$ s'écrit :

$$V_{int}(t) = -\frac{1}{RC} \int V_e(t) dt$$

Montage intégrateur inverseur

Étude du montage global

On a :

- $V_1(t) = V_{1m} \cos \omega_1 t$
- $V_2(t) = V_{2m} \cos \omega_2 t$ avec $\omega_2 \gg \omega_1$

Comme : $V_{int} = -\frac{1}{RC} \int V_{1m} \cos \omega_1 t dt \Rightarrow V_{int} = -\frac{V_{1m}}{RC\omega_1} \sin \omega_1 t$ (+cte = 0)

Donc : $V_m(t) = -kV_{2m} \cos \omega_2 t \times \frac{V_{1m}}{RC\omega_1} \sin \omega_1 t \Rightarrow V_m(t) = \frac{kV_{2m}V_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t)$

De même : $V_d(t) = V_{2m} \cos(\omega_2 t - \pi/2) \Rightarrow V_d(t) = V_{2m} \sin(\omega_2 t)$

Ainsi : $V_s(t) = V_d(t) - V_m(t) \Rightarrow V_s(t) = V_{2m} \left[\sin(\omega_2 t) + \left(\frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t) \right) \cos(\omega_2 t) \right]$

Qu'on peut écrire sous la forme :

$$V_s(t) = V_{2m} \sqrt{1 + \left(\frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t) \right)^2} \sin(\omega_2 t + \varphi(t))$$

Il en résulte que :

$$\tan \varphi(t) = \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t)$$

Ainsi

$$\varepsilon = \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1}$$

Notez que

$$\tan \varphi(t) = \varepsilon \sin(\omega_1 t)$$

Q28• Pour $\varepsilon \ll 1$ et $\varphi(t) \ll 1$ donc :

- ▶ $\sqrt{1 + \varepsilon^2 \sin^2 \omega_1 t} \simeq 1$
- ▶ $\tan \varphi(t) \simeq \varphi(t) = \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t)$

Il en résulte que :

$$V_s(t) = V_{2m} \sin \left[\omega_2 t + \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t) \right]$$

On en déduit que

$$m = \varepsilon = \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1}$$

Et

$$\psi(t) = \omega_2 t + \frac{kV_{1m}}{RC\omega_1} \sin(\omega_1 t)$$

Q29• On rappelle que :

$$V_1(t) = V_{1m} \cos \omega - 1t$$

Donc

$$\Omega = \frac{d\psi}{dt} \implies \Omega(t) = \omega_2 + \frac{k}{RC} V_1(t)$$

Comme $\Omega(t) = 2\pi F(t)$ avec $F(t) = f_2 + \frac{k}{2\pi RC} V_1(t)$

Cette fréquence du signal $V_s(t)$ est modulée par la tension $V_1(t)$; d'où modulation de fréquence du signal.

IV.3 Effet de l'ionosphère, positionnement satellite et taille des antennes

Q30• Pour :

- ▶ $f_1 < f_p \implies k \in \mathbb{C}$: fréquence radio MA.
- ▶ $f_2 > f_p \implies k \in \mathbb{R}$: fréquence pour communications par satellite.

Q31• Antenne "quart d'onde" :

$$L = \frac{\lambda}{4} \implies L = \frac{c}{4f}$$

Application numérique :

$$L = 0,75 \text{ m}$$

Comme l'antenne du GPS est très faible devant celle L , on peut en déduire que

$$f_{GPS} > 100\text{MHz}$$

En pratique les fréquences utilisées pour le GPS sont : 1575,42 et 1227,60 MHz (valeurs tirées du <https://fr.m.wikipedia.org>)