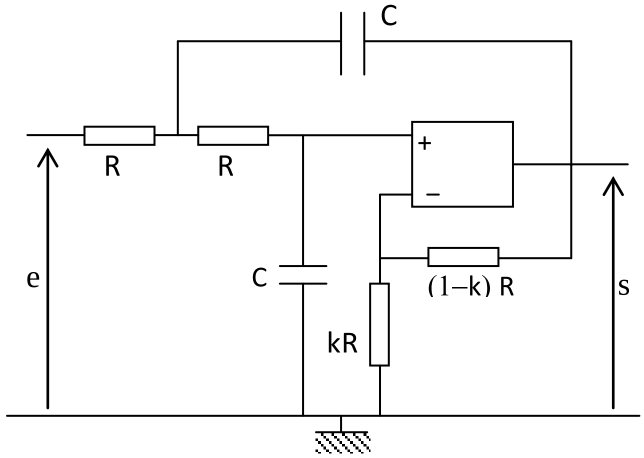
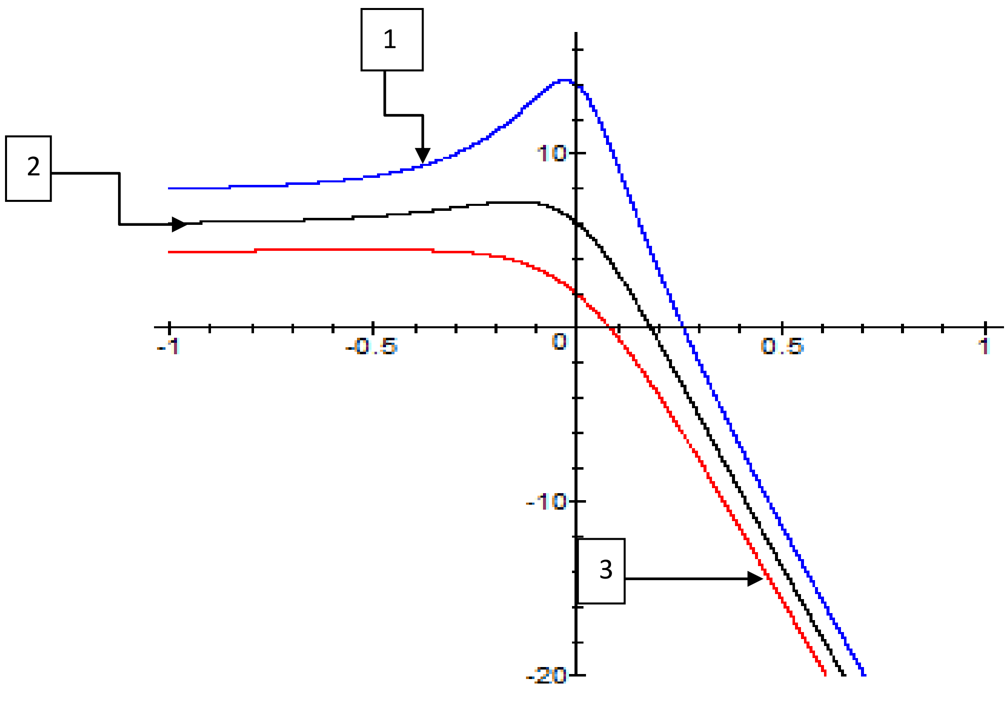
PARTIE I : Etude d'un filtre

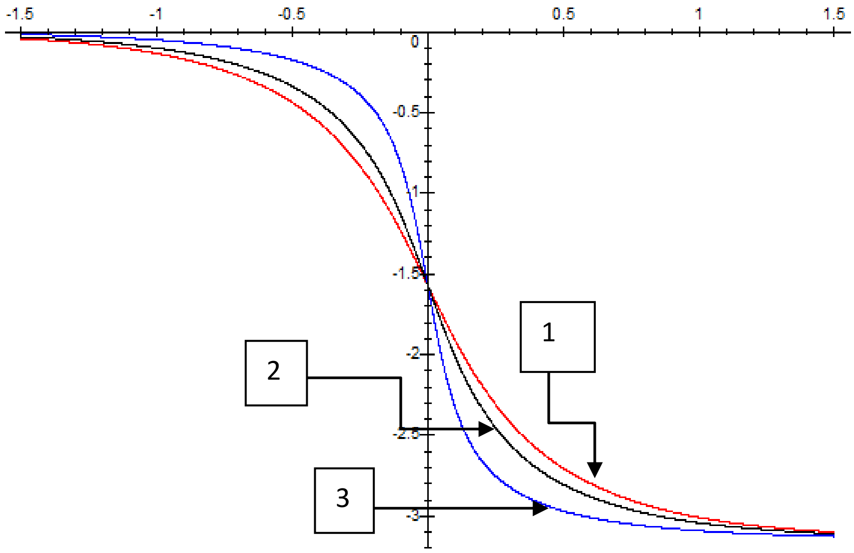
On s'intéresse dans cette partie au filtre ci-dessous. On pose $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ et k est compris entre 0 et 1. L'ALI fonctionne en régime linéaire et sera supposé idéal.



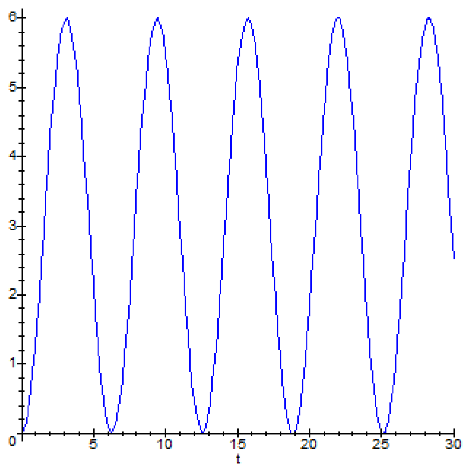
1. Montrer que la fonction de transfert s'écrit : $\underline{H} = \frac{H_0}{1+2j\alpha x - x^2}$ avec x = $\frac{f}{f_0}$; $H_0 = \frac{1}{k}$ et $\alpha = \frac{1}{2}\frac{3k-1}{k}$.
2. Les trois courbes ci-dessous correspondent au tracé de G_{dB} en fonction de log(x) pour trois valeurs différentes de k.
   a. En utilisant les asymptotes basse-fréquence, déterminer ces valeurs de k.
   b. Pour la courbe 1, vérifier la compatibilité de la valeur de k avec GdB(0) et l'équation de l'asymptote HF.

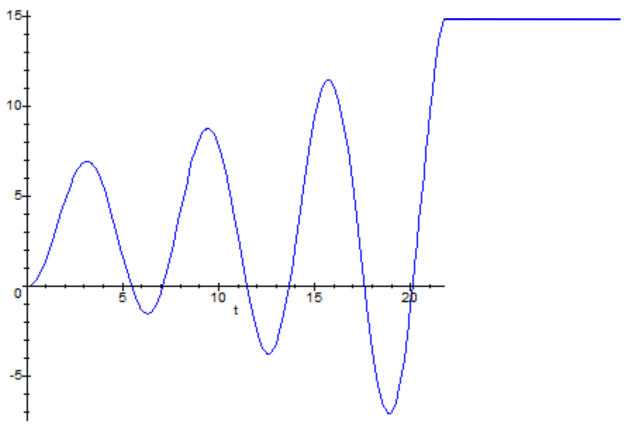


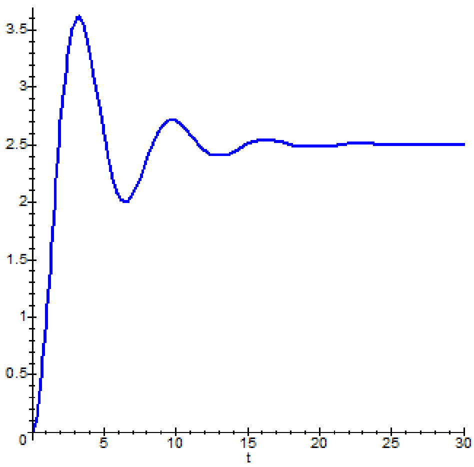
3. Les trois courbes ci-dessous correspondent au tracé de l'argument, ϕ, de $\underline{H}$ en fonction de log(x), pour les ***mêmes valeurs*** de k ; associer ces valeurs aux courbes et justifier la rotation de phase observée.



4. Les courbes ci-dessous donnent la réponse indicielle du quadripôle pour trois valeurs de k : 0,32 ; 1/3 ; 0,4. L'axe des temps est gradué en ms et celui des s(t) en V ; les condensateurs sont initialement déchargés.







Attribuer les valeurs de k aux courbes.
On s'attachera à justifier soigneusement, mais par un minimum de calcul :

- les formes des courbes,
- les valeurs des limites observées,
- les valeurs initiales,

Proposer des valeurs de R et C compatibles avec les courbes et les valeurs usuelles.

Tout autre commentaire pertinent sera pris en compte dans le barème.

5. Le filtre est maintenant attaqué par un signal triangulaire symétrique pair de valeur moyenne nulle, de fréquence f = $\frac{f_0}{3}$ et d'amplitude 1 V, dont on donne le développement en série de Fourier :

$$S(t) = \sum_{p=0}^{\infty} A_{2p+1} \cos(2\pi(2p+1)ft) \text{, avec } A_{2p+1} = \frac{8}{\pi^2}\frac{1}{(2p+1)^2}.$$

On prendra pour cette question k = 0.4.
Expliquer comment construire la réponse du filtre à ce signal.
Déterminer et tracer cette réponse en faisant apparaître 3 périodes.

Prévoir sans calcul la forme du signal de sortie si f = f_0 pour la même valeur de k = 0,4.

PARTIE 2 : CHIMIE (D'après Mines-Ponts PSI - Extrait)

Potentiels standard (volt) à pH = 0

Fe^{3+} / Fe^{2+} = 0,77
Fe^{2+} / Fe = -0,44
O_2 / H_2O = 1,23
Cl_2 / Cl^- = 1,36

Constantes globales de formation

$Fe(CN)_6^{4-}$: $\log \beta_6 = 24$
$Fe(CN)_6^{3-}$: $\log \beta_6 = 31$

Solutions aqueuses des ions fer(II) et fer(III)

Les ions ferreux et ferrique forment avec l'ion cyanure des complexes hexacoordinés (on négligera ici l'existence potentielle de complexes de nombre de coordination différent de 6).

6- On prépare une solution contenant 0,1 mol.L^{-1} de Fe^{2+} et 0,7 mol.L^{-1} de CN^-.
Quelle est la forme prédominante du fer dans cette solution ?

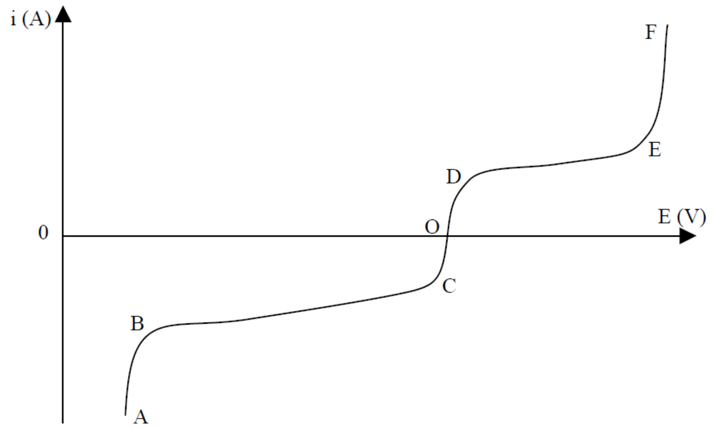
7- Calculer le potentiel standard du couple $Fe(CN)_6^{3-}$ / $Fe(CN)_6^{4-}$.

8- Calculer à pH = 5 et P_{H_2} = 1 bar, la valeur du potentiel du couple H^+ / H_2(g).
Dessiner un montage expérimental permettant de vérifier cette valeur.

On réalise le tracé de la courbe courant-tension relative au couple $Fe(CN)_6^{3-}$/ $Fe(CN)_6^{4-}$.
La solution électrolytique contient :
KCl à 1 mol/L ;
$K_4Fe(CN)_6$ à 0,01 mol.L^{-1} et $K_3Fe(CN)_6$ à 0,01 mol.L^{-1}.
L'électrode de travail et la contre-électrode sont des électrodes de platine.
La mesure du pH indique une valeur proche de 5. Lorsque la différence de potentiel appliquée entre l'anode et la cathode est suffisamment importante, l'expérimentateur observe un dégagement gazeux à l'anode et à la cathode ainsi qu'une odeur piquante à l'anode.
La figure suivante représente la courbe obtenue.

i représente l'intensité entre les deux électrodes de platine.
E représente le potentiel par rapport à l'ESH d'une des électrodes de platine, déterminé à l'aide d'une électrode de référence.
Les graduations sur les axes ne sont pas indiquées. Seule l'origine de l'axe des ordonnées est donnée.

Rappeler le schéma correspondant à cette manipulation ; justifier rapidement sa mise en œuvre.



9- Énumérer les couples rédox correspondant aux espèces présentes dans la solution. Les classer par potentiel croissant.

10- Indiquer la signification des six parties de cette courbe (AB, BC, CO, OD, DE et EF) en commençant par la partie AB.

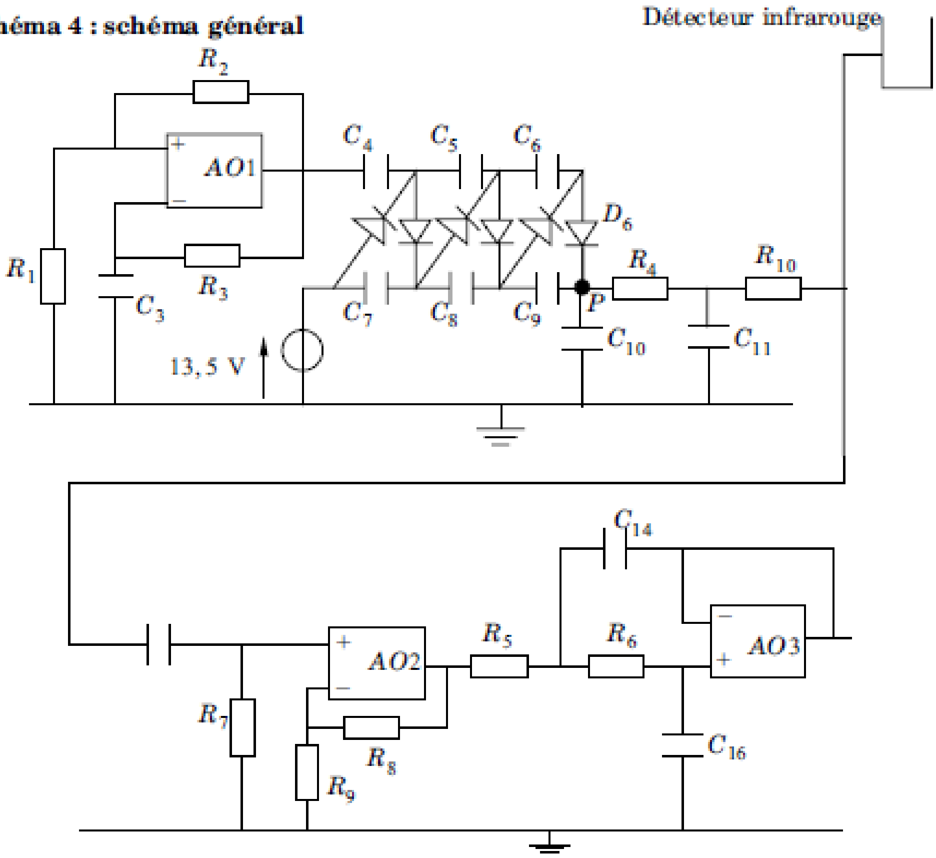
11- En déduire approximativement le potentiel correspondant aux trois parties à peu près verticales de la courbe (AB, CD et EF). Pourquoi ne peut-on pas prévoir exactement certaines de ces valeurs ?

12- En utilisant des électrodes de platine platiné, l'odeur piquante n'est plus observée. Expliquer.

Partie III : étude d'un dispositif électronique (extrait Centrale MP07)

Le dispositif électronique utilisé dans l'analyseur de monoxyde de carbone est représenté ci-après (voir schéma 4). Tous les amplificateurs opérationnels intervenant dans ce montage sont supposés idéaux. Nous allons étudier les fonctions assurées par les différentes parties du dispositif.

Schéma 4 : schéma général



III.A - Comparateur astable.

On s'intéresse au premier bloc reproduit ci-contre (schéma 5) L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime saturé. On donne : $R_1 = 19,6\ \mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 40,2\ \mathrm{k\Omega}$, $R_3 = 100\ \mathrm{k\Omega}$, $C_3 = 470\ \mathrm{pF}$, $V_{Sat} = 13,5\ \mathrm{V}$.
On note $\varepsilon = v^+ - v^-$ la tension différentielle à l'entrée de $AO1$. On rappelle qu'en régime saturé, si $\varepsilon > 0$, alors $v_{s1} = +V_{Sat}$, si $\varepsilon < 0$, alors $v_{s1} = -V_{Sat}$. On suppose qu'à $t = 0$, le condensateur C_3 est déchargé et $\varepsilon > 0$. On pose $\alpha = R_1/(R_1 + R_2)$ et $\tau = R_3 C_3$.

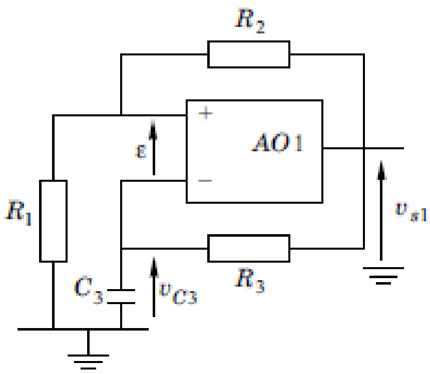


Schéma 5 : comparateur astable

III.A.1)

a) Montrer que $v_{s1}(t)$ et $v_{C3}(t)$ sont des signaux périodiques (leur période est notée T).

b) Tracer l'allure des variations de $v_{s1}(t)$ en fonction de $v_{C3}(t)$. Indiquer sur le graphe le sens de parcours du point (v_{C3}, v_{s1}) lors de l'écoulement du temps.

III.A.2)

a) Établir l'expression de la période T en fonction de τ et de α.

b) Faire l'application numérique, calculer la fréquence correspondante.

III.B - Amplification et filtration

Nous étudions ici le bloc représenté ci-contre (voir schéma 6) qui a pour fonctions d'amplifier le signal d'une part et de filtrer les signaux parasites à haute fréquence d'autre part. Les amplificateurs opérationnels fonctionnent en régime linéaire. On donne : $C_{14} = 4,7\ \text{nF}$, $C_{16} = 2,2\ \text{nF}$, $R_5 = R_6 = 10\ \text{k}\Omega$, $R_7 = 25\ \text{M}\Omega$, $R_8 = 100\ \text{k}\Omega$, $R_9 = 5,0\ \text{k}\Omega$.

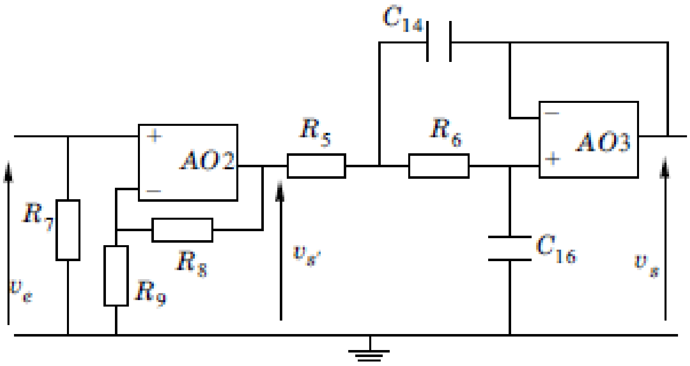


Schéma 6 : amplification et filtration

III.B.1)

a) Déterminer l'expression du rapport $v_{S'}/v_e$.

b) Quelle est la fonction assurée par ce premier étage ?

III.B.2)

a) Montrer que le rapport $v_S/v_{S'}$ peut s'écrire : $v_S/v_{S'} = (1 + 2\,\mathrm{m}j\omega/\omega_0 - \omega^2/\omega_0^2)^{-1}$. Exprimer m et ω_0 en fonction des données du problème.

b) Calculer m , ω_0 et f_0 la fréquence correspondante.

c) Quelle est la fonction assurée par ce deuxième étage ?

III.B.3)

a) Sur le **document réponse n° 2** (papier log-log), tracer le diagramme de Bode du bloc entier, c'est-à-dire le diagramme de Bode associé à la fonction de transfert $\underline{H(\omega)} = v_S/v_e$ (la représentation de la phase n'est pas demandée).

b) Le bloc étudié est-il de nature à remplir sa fonction ?

On donne la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée : $v_e(t) = 80/\pi\{\sin(100\pi t) + 1/3\sin(300\pi t) + 1/5\sin(500\pi t) + \ldots + 1/n\sin(100n\pi t) + \ldots\}$
Combien d'harmoniques sont transmis par le bloc ?

III.C - Multiplicateur de Schenkle

Nous étudions à présent le bloc représenté ci-contre (voir schéma 7) appelé multiplicateur de Schenkle. Il est constitué d'une association de cellules élémentaires (voir schéma 8). Le fonctionnement des diodes est le suivant :

- diode bloquée : $i = 0$ et $u < 0$
- diode passante : $i > 0$ et $u > 0$ avec i fonction croissante de u.

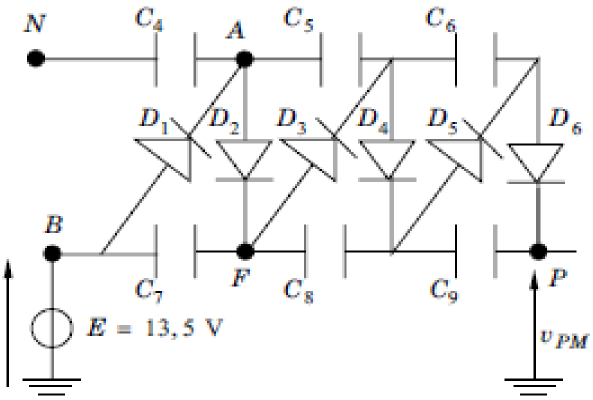


Schéma 7 : multiplicateur de Schenkle

L'intensité i (sens conventionnel donné par le symbole de la diode) et la tension u aux bornes de la diode sont prises en convention récepteur. Pour $(i = 0,\ u = 0)$ une diode est à la limite de devenir passante ou de se bloquer.

On donne :
$C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = C_8 = C_9 = C = 0,1\,\mu\text{F}$.

On commence par étudier une cellule élémentaire du multiplicateur représentée ci-contre (voir schéma 8). On considère qu'en sortie de l'amplificateur opérationnel $AO1$, on obtient un courant constant $I = 15$ mA dont le sens varie périodiquement.

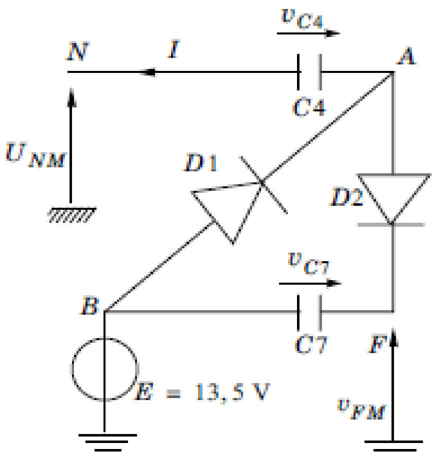


Schéma 8 : cellule élémentaire

III.C.1) *Phase 1.* On considère qu'à $t = 0$, les condensateurs C_4 et C_7 sont déchargés et $U_{NM} = -E = -13,5$ V.

a) Déterminer à $t = 0$ l'état des diodes $D1$ et $D2$.

b) En déduire, en s'aidant d'un schéma équivalent, le fonctionnement de la cellule jusqu'à l'instant t_1, au bout duquel v_{C4} atteint sa valeur limite. Exprimer et calculer t_1.

III.C.2) *Phase 2.* On considère qu'à $t' > t_1$, U_{NM} bascule à la valeur $+E = +13,5$ V. On choisit t' comme nouvelle origine du temps.

a) Déterminer à t'=0 l'état des diodes $D1$ et $D2$.

b) En déduire, en s'aidant d'un schéma équivalent, le fonctionnement de la cellule jusqu'à l'instant t_2 où la diode $D2$ se bloque. Exprimer et calculer t_2.

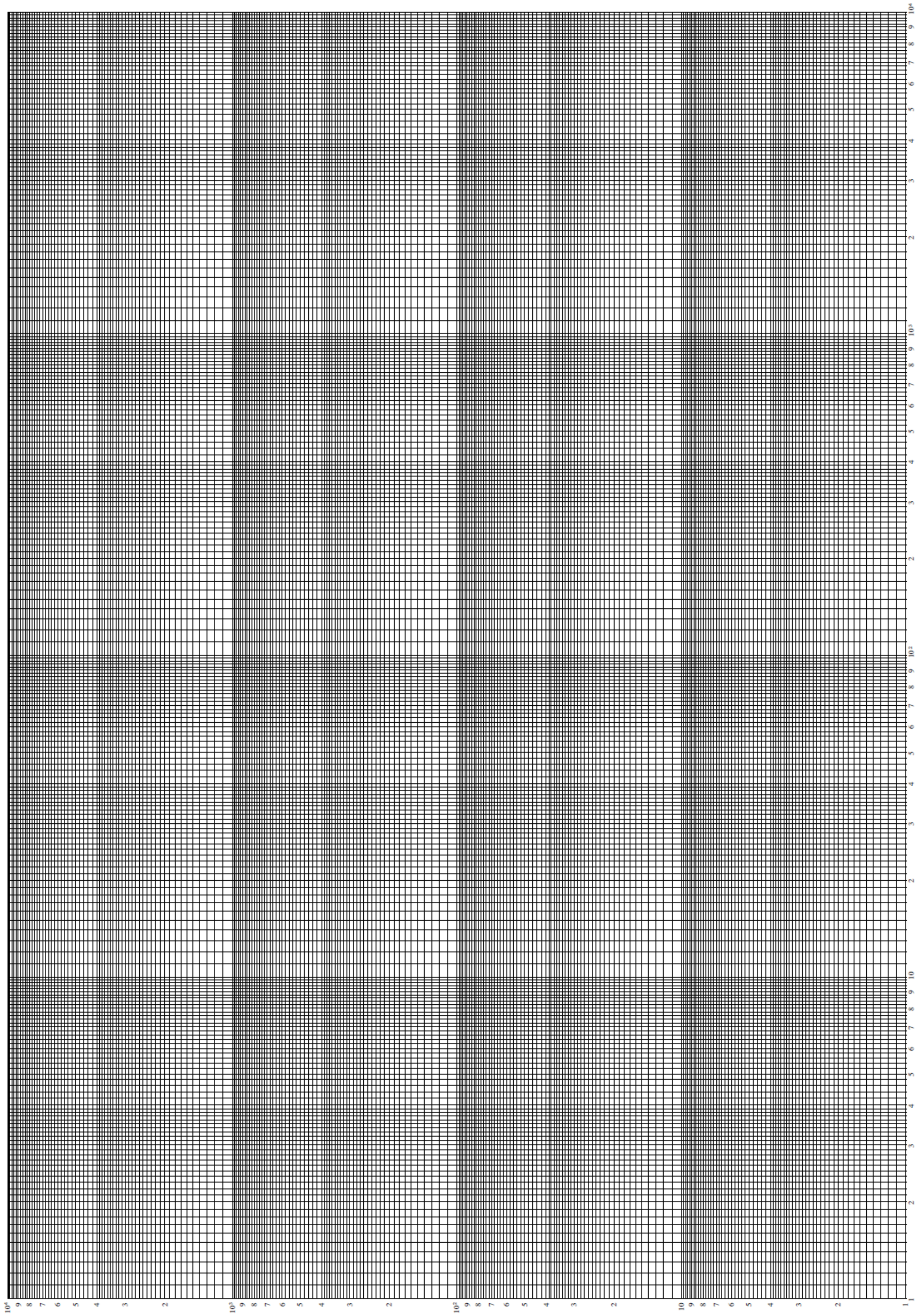
Les phases suivantes ne sont pas étudiées.

III.C.3) On montre que v_{C7} tend vers $+2E$;

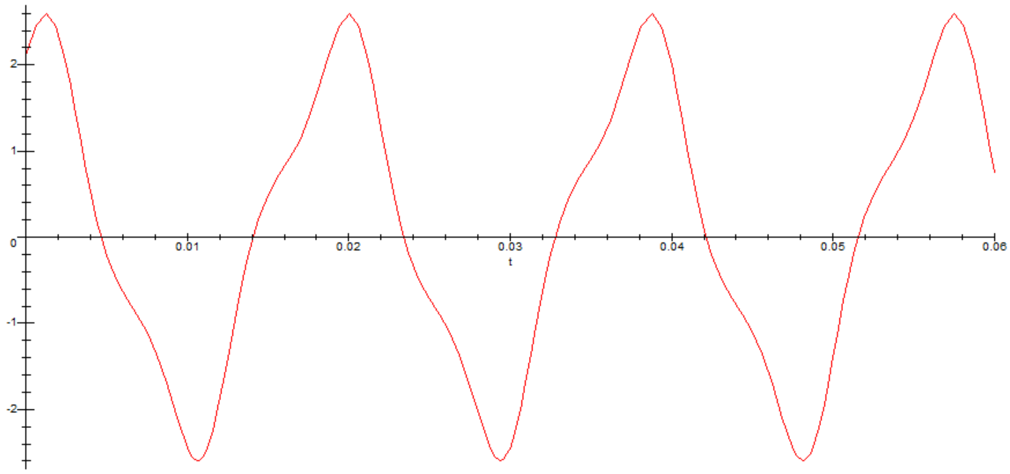
a) Quelle est la valeur limite de v_{FM} ?

b) On cherche la valeur limite de v_{PM}. Rechercher la valeur commune de la tension aux bornes des condensateurs pour laquelle le multiplicateur de Schenkle n'évolue plus quelle que soit la valeur de U_{NM} ($-E$ ou $+E$). En déduire la valeur limite de v_{PM}. Justifier le nom de multiplicateur attribué au montage.

n° 2 papier log log



- Tracé de la courbe s(t) pour la réponse à un signal triangulaire d'amplitude 1 V et de fréquence $f_0/3$.



- Pour un signal triangulaire de même amplitude mais de fréquence f_0, toujours pour k = 0.4, on peut prévoir que la sortie sera sinusoïdale de fréquence f_0, d'amplitude 4 V environ car le fondamental est dans la résonance et les autres fréquences sont nettement atténuées (l'amplitude vaut 0.81*5 car GdB = 14 et seul le fondamental passe)