

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD

LYON 1

Concours Externe BAP C
Assistant Ingénieur de Recherche et Formation

Assistant électronicien

Session 2007

Nom :

Nom de jeune fille:

Prénom :

Date de naissance : _____

EPREUVE D'ADMISSIBILITE - Durée : 3h

Coefficient 4

Lundi 18 juin 2007

INSTRUCTIONS

Ce sujet comporte **26** pages. Vous devez vérifier en début d'épreuve le nombre de pages de ce fascicule et le matériel mis à disposition. Le sujet se compose de deux grandes parties :

- la première concerne des questions diverses sur la pratique de l'électronique
- la seconde porte sur l'étude des principaux blocs fonctionnels d'une instrumentation scientifique. Chaque bloc fonctionnel peut être traité indépendamment, dans l'ordre que vous préférez.

Vous devez répondre sur ce fascicule, qu'il ne faut en aucun cas dégrafer. Si vous n'avez pas assez de place pour répondre dans les cadres prévus, faites un renvoi et continuez sur les pages libres en fin de fascicule.

Calculatrice autorisée

Il vous est rappelé que votre identité ne doit figurer que dans la partie supérieure de la bande à en tête de la copie mise à votre disposition (1^{ère} page). **Toute mention d'identité ou tout signe distinctif porté sur toute autre partie de la copie (ou les copies) mènera à l'annulation de votre épreuve.**

-I- Questions indépendantes

1. Connaissance des composants

Nom du composant	Fonction (cocher la ou les cases adéquates)
Diode Transil – Ecrêteur	<input type="checkbox"/> Redressement <input type="checkbox"/> Protection surtensions <input type="checkbox"/> Protections surintensités <input type="checkbox"/> Régulation <input type="checkbox"/> Référence de tension
79L05	<input type="checkbox"/> Régulateur de tension <input type="checkbox"/> Régulateur de courant <input type="checkbox"/> Redresseur <input type="checkbox"/> Amplificateur opérationnel
IGBT	<input type="checkbox"/> Transistor bipolaire <input type="checkbox"/> Transistor CMOS <input type="checkbox"/> Interrupteur analogique <input type="checkbox"/> Circuit intégré programmable <input type="checkbox"/> Circuit logique
NE556	<input type="checkbox"/> Amplificateur opérationnel <input type="checkbox"/> Timer Astable Monostable <input type="checkbox"/> Demultiplexeur <input type="checkbox"/> Microcontrôleur

2. Connaissance des outils CAO / DAO

Désignation	Fonction
« GERBER »	<input type="checkbox"/> Format des fichiers pour la « saisie de schémas » <input type="checkbox"/> Format des fichiers de « perçage » <input type="checkbox"/> Format des fichiers de sortie CAO pour la CFAO PCB <input type="checkbox"/> Format de fichiers des bibliothèques d'empruntes
Technologie CMS	<input type="checkbox"/> Technologie alternative au bipolaire <input type="checkbox"/> Technologie de composants miniatures <input type="checkbox"/> Technologie adaptée à la forte puissance <input type="checkbox"/> Technologie de lithographie pour les PCB
Couche « vernis épargne »	<input type="checkbox"/> Couche de routage <input type="checkbox"/> Couche isolante <input type="checkbox"/> Couche pour les écritures <input type="checkbox"/> Couche pour les plans de masse

3. Transmission de données sur liaison série

On souhaite transmettre une image de 1024 x 1024 pixels issue d'une caméra CMOS rapide. La sortie de chaque pixel est codée sur 10 bits. La fréquence de rafraîchissement des images est de 500 images par seconde.

- Calculer le débit nécessaire pour transmettre ces images sur une liaison série (1 seule ligne est utilisée pour les « data »).

- Sachant que le débit d'un bus USB 2.0 est de 480 Mbits/s, calculer si nécessaire le taux de compression requis en amont de cette transmission.

4. Informatique industrielle

On fournit ci-dessous un extrait de la documentation du microcontrôleur PIC16F877 (Microchip).

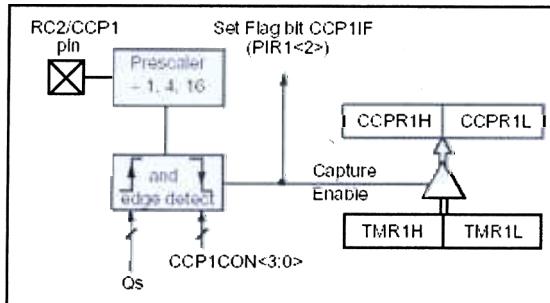
8.1 Capture Mode

In Capture mode, CCP1H:CCP1L captures the 16-bit value of the TMR1 register when an event occurs on pin RC2/CCP1. An event is defined as one of the following:

- Every falling edge
- Every rising edge
- Every 4th rising edge
- Every 16th rising edge

The type of event is configured by control bits CCP1M3:CCP1M0 (CCPxCON<3:0>). When a capture is made, the interrupt request flag bit CCP1IF (PIR1<2>) is set. The interrupt flag must be cleared in software. If another capture occurs before the value in register CCP1 is read, the old captured value is overwritten by the new value.

FIGURE 8-1 CAPTURE MODE OPERATION BLOCK DIAGRAM



REGISTER 8-1: CCP1CON REGISTER/CCP2CON REGISTER (ADDRESS: 17h/1Dh)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	bit 0

- bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 5-4 **CCPxX:CCPxY:** PWM Least Significant bits
Capture mode:
 Unused
Compare mode:
 Unused
PWM mode:
 These bits are the two LSbs of the PWM duty cycle. The eight MSbs are found in CCPRxL.
- bit 3-0 **CCPxM3:CCPxM0:** CCPx Mode Select bits
 0000 = Capture/Compare/PWM disabled (resets CCPx module)
 0100 = Capture mode, every falling edge
 0101 = Capture mode, every rising edge
 0110 = Capture mode, every 4th rising edge
 0111 = Capture mode, every 16th rising edge
 1000 = Compare mode, set output on match (CCPxIF bit is set)
 1001 = Compare mode, clear output on match (CCPxIF bit is set)
 1010 = Compare mode, generate software interrupt on match (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected)
 1011 = Compare mode, trigger special event (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected): CCP1 resets TMR1; CCP2 resets TMR1 and starts an A/D conversion (if A/D module is enabled)
 11xx = PWM mode

Legend:

R = Readable bit
 - n = Value at POR

W = Writable bit
 '1' = Bit is set
 '0' = Bit is cleared

U = Unimplemented bit, read as '0'
 x = Bit is unknown

On souhaite déclencher la sauvegarde du timer « TMR1 » sur chaque front montant du signal appliqué à la broche « RC2/CCP1 » du microcontrôleur. Proposer une valeur hexadécimale à charger dans le registre de configuration CCP1CON.

Valeur du registre en hexadécimal : _____

5. Quelle différence y a-t-il entre un disjoncteur différentiel et un disjoncteur thermique ?

6. Sécurité

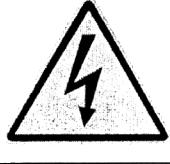
Votre laboratoire dispose de 3 extincteurs, un extincteur à poudre, un extincteur à eau pulvérisée, un extincteur à dioxyde de carbone

Lequel utiliseriez vous de préférence dans les cas suivants (Justifier vos choix)

- un feu de papier dans une poubelle de bureau.

- un incendie d'origine électrique.

7. Hygiène et sécurité

Symbole	Signification
	<input type="checkbox"/> Nocif <input type="checkbox"/> Corrosif <input type="checkbox"/> Irritant <input type="checkbox"/> Toxique
	<input type="checkbox"/> Danger électrique <input type="checkbox"/> Danger haute tension <input type="checkbox"/> Danger décharges électrostatiques <input type="checkbox"/> Danger émission Laser <input type="checkbox"/> Danger rayonnements ionisants
	<input type="checkbox"/> Disjoncteur <input type="checkbox"/> Interrupteur <input type="checkbox"/> Discontacteur <input type="checkbox"/> Eclateur <input type="checkbox"/> Sectionneur

II. Etude d'une instrumentation scientifique

But du projet

Le but du projet est de concevoir une instrumentation compacte de détection électrochimique qui sera mise en œuvre avec des biocapteurs pour des analyses biochimiques. Il s'agit d'une instrumentation basse fréquence et faible bruit (signaux en sortie de capteurs de quelques hertz avec des niveaux de l'ordre du nanoampère).

Principe de fonctionnement de l'instrument

La solution à analyser sera contenue dans une cellule électrochimique qui comprend trois électrodes (une contre-électrode « CE », une électrode de travail « T » et une électrode de référence « REF »). Cette cellule électrochimique ne sera pas étudiée dans le cadre du projet. Une des fonctions principales de l'instrument est la fonction « POTENTIOSTAT ». Il s'agit de contrôler le courant $i(t)$ qui circule entre l'électrode de travail « T » et la contre-électrode « CE » pour obtenir la différence de potentiels $v(t)$ souhaitée (consigne) entre l'électrode de travail « T » et la référence « REF ». (cf. figure 1)

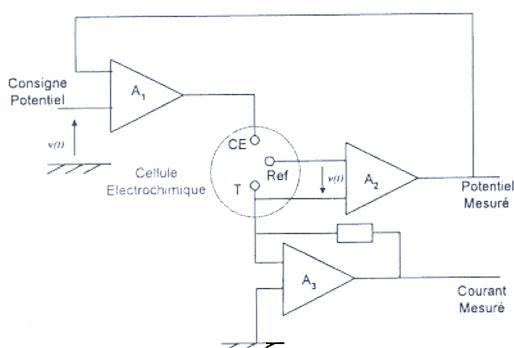
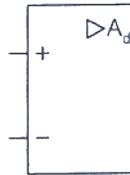


Figure 1: Schéma de principe d'un potentiostat



Amplificateur opérationnel idéal



Amplificateur opérationnel de gain différentiel A_d

$$\cos a * \cos b = \frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2}$$

Rappels

1. Bloc fonctionnel « Alimentation »

On utilise dans le bloc « alimentation » un régulateur 7805 câblé classiquement selon le schéma de la figure 2.

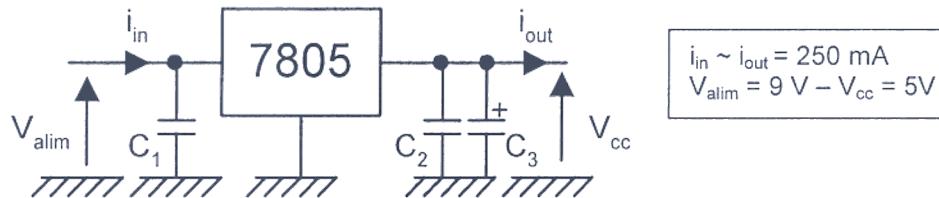


Figure 2 : Câblage du régulateur 7805

- 1.1 Préciser la technologie des condensateurs d'entrée (C1) et de sortie (C2, C3), leur valeur typique et leur fonction.

- 2 Calculer la puissance dissipée dans le circuit intégré 7805.

- 1.3 Ce circuit intégré existe en boîtier TO92 et TO220, avec pour résistance thermique « jonction-ambiant » respectivement de 160°C.W^{-1} et 65°C.W^{-1} . Selon la documentation du composant, la température de jonction ne doit pas dépasser 125°C . La température ambiante est de 25°C . A partir de ces données, justifier le choix du boîtier utilisé.

1.4 Etant donné qu'il s'agit d'une instrumentation faible bruit consommant de l'ordre de 250 mA, serait-il préférable d'utiliser une régulation à découpage au lieu de cette régulation linéaire ? Justifier.

2. Bloc fonctionnel « Synthèse des consignes $v(t)$ »

Génération d'une rampe de tension

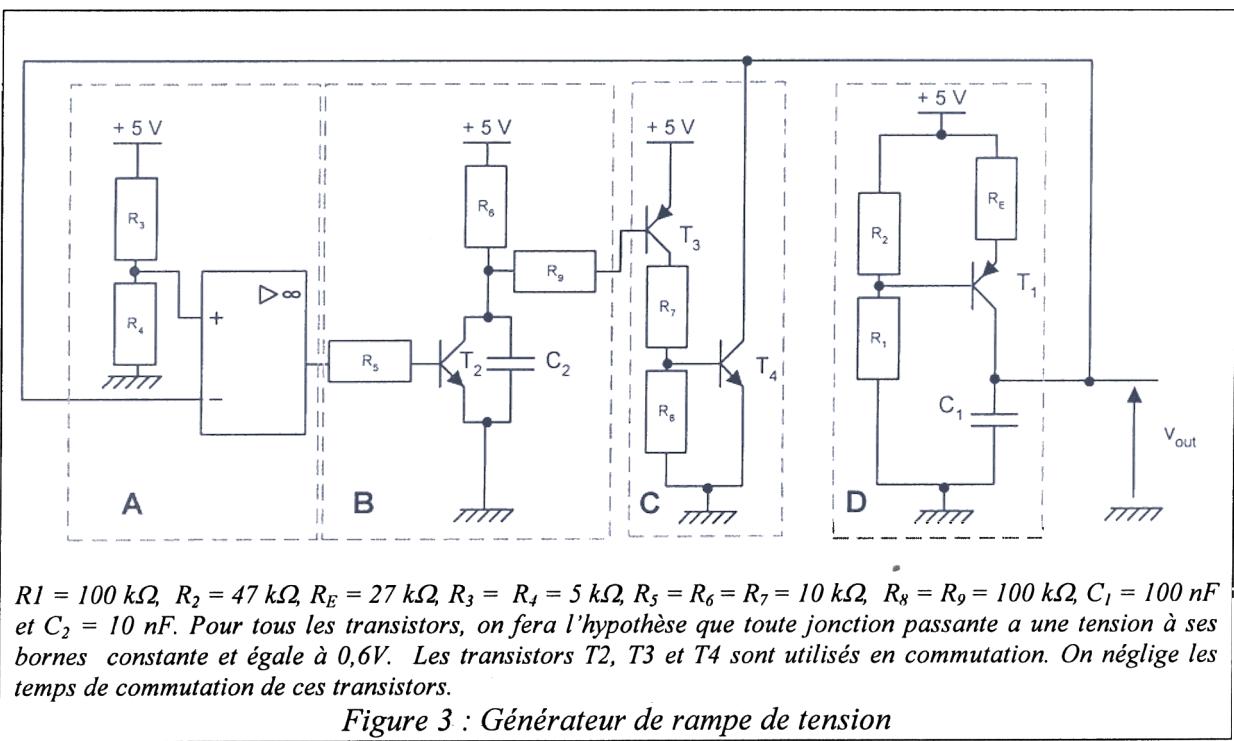
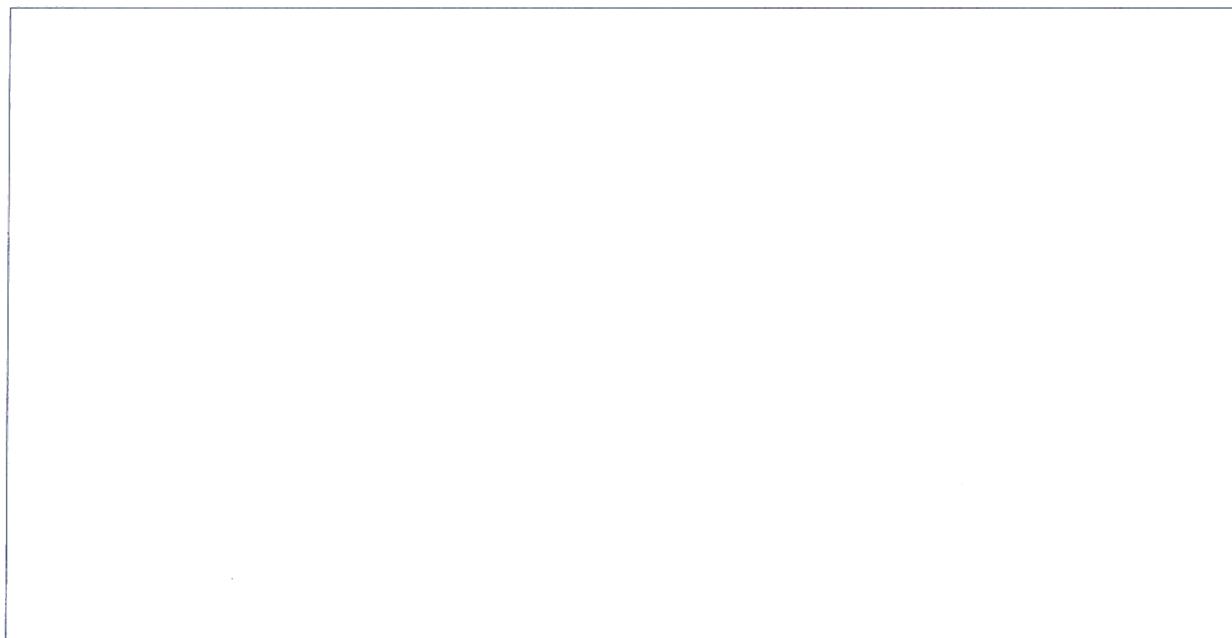
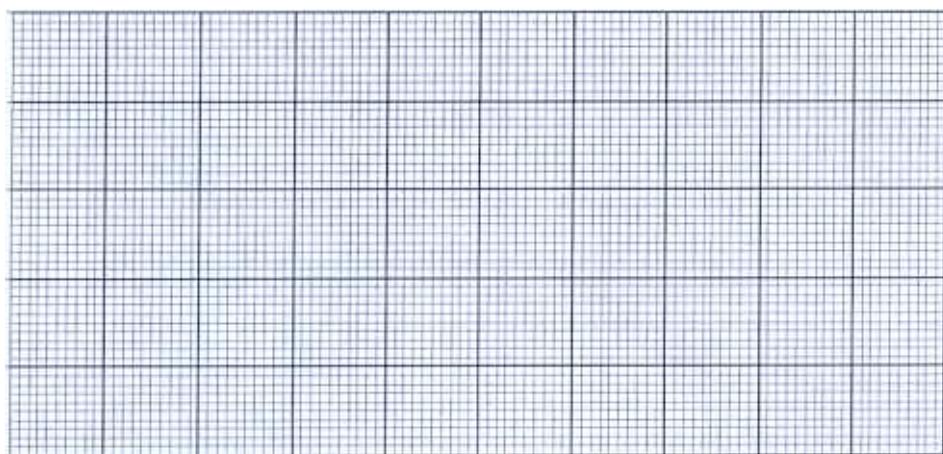


Figure 3 : Générateur de rampe de tension

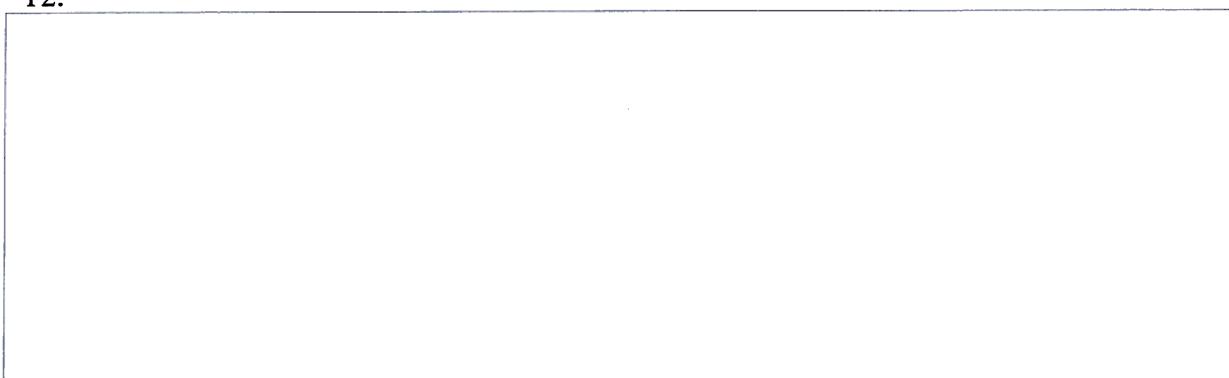
2.0 Quelle est la fonction réalisée par le transistor T_1 associé aux résistances R_1 , R_2 , R_E ? En déduire la fonction du bloc D. Donner les rôles respectifs des blocs A, B et C.



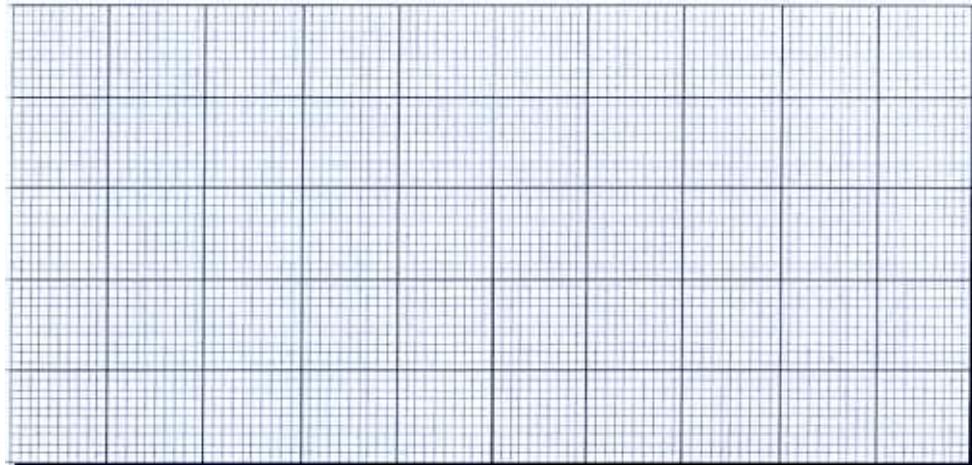
2.1 On ne considère dans cette question que le bloc fonctionnel **D** ; on suppose que C_1 est déchargée à $t = 0$ s. Tracer $v_{\text{out}}(t)$ pour $0 < t < 5\text{ms}$.



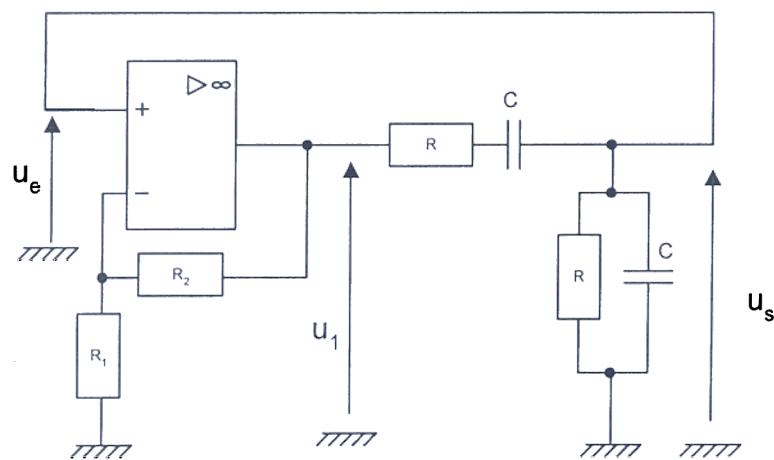
2.2 On suppose que T_3 a un courant de base négligeable et qu'il reste saturé tant que $V_{\text{EB}3} > 0.6$ V. Calculer le temps que met T_3 pour se bloquer à partir de l'instant de blocage de T_2 .



2.3 Tracer le signal $V_{out}(t)$. On reporterà ci-dessous la période et l'amplitude du signal V_{out} .



Génération d'un signal sinusoïdal (Oscillateur à pont de Wien)



$$R = R_2 = 10 k\Omega, R_1 = 20.2 k\Omega \text{ et } C = 10 nF.$$

Figure 4 : Oscillateur à pont de Wien

utiliser	transformée	Laplacienne	calculer	$\frac{u_s(p)}{u_e(p)}$	pour	R	R_2
----------	-------------	-------------	----------	-------------------------	------	-----	-------

$\frac{u_s(p)}{u_e(p)}$ en fonction de R et C .

2.5 A partir des résultats précédents et en remarquant que pour le système bouclé $u_e(p) = u_s(p)$, donner l'équation que doit vérifier $u_s(p)$ en fonction de R_1 , R_2 , R et C .

2.6 Déduire des résultats précédents que la tension $u_s(t)$ vérifie une équation différentielle de la forme avec τ et ω_0 :

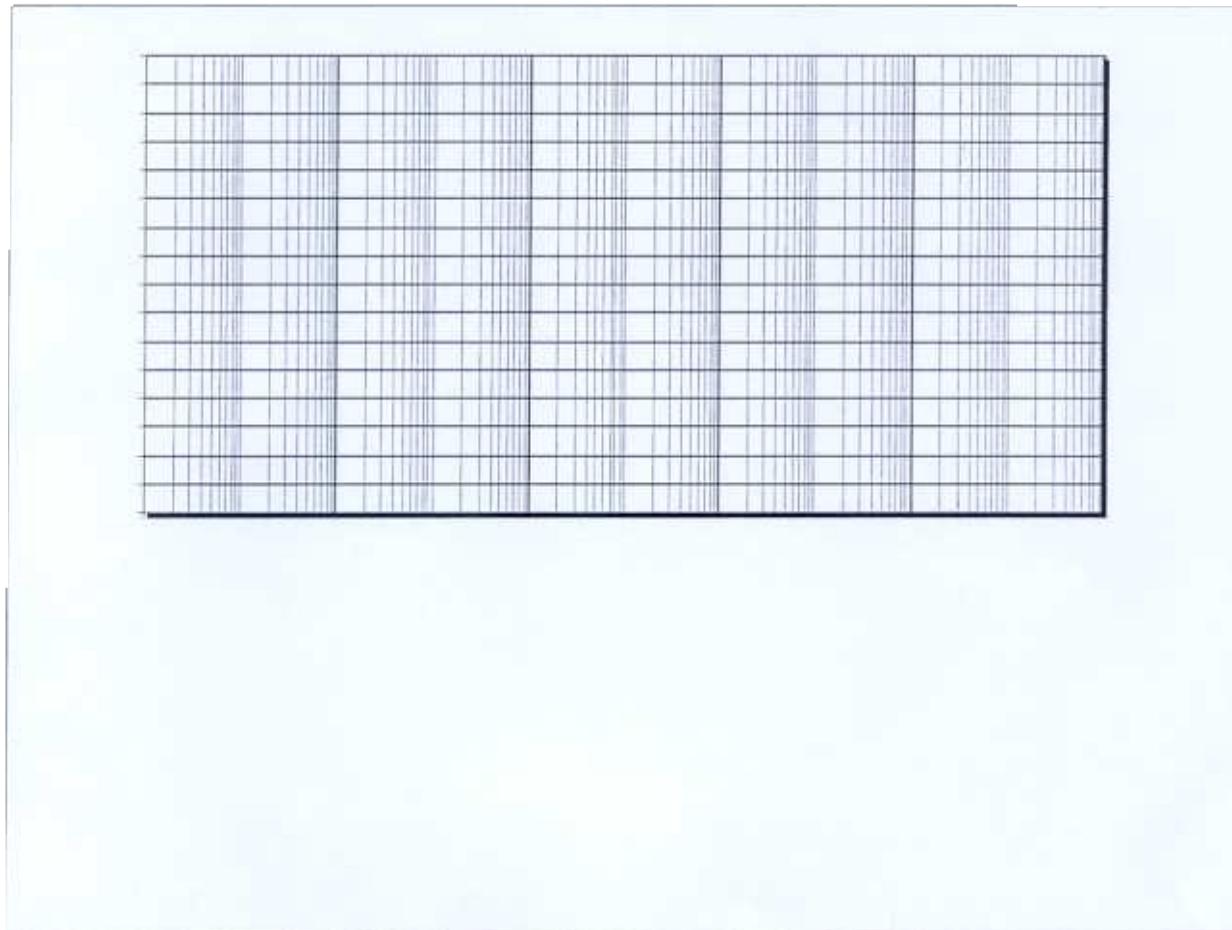
$$\frac{d^2u_s}{dt^2} + \frac{1}{\tau} \frac{du_s}{dt} + \omega_0^2 u_s = 0 \quad \text{avec} \quad \tau = RC \frac{R_l}{2R_l - R_2} \quad \text{et} \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

2.7 Si $\tau \rightarrow -\infty$, on obtient un oscillateur harmonique de pulsation ω_0 . Sachant que l'amplitude de la tension $u_l = 4.6V$ (\sim tension de saturation haute de l'amplificateur opérationnel), calculer la période et l'amplitude des oscillations en u_s .

3. Bloc fonctionnel « potentiostat »

3.0 On utilise un amplificateur opérationnel dont le gain différentiel en boucle ouverte est de $A_{d0} = 10^7$ pour $f < 10$ Hz. Ce gain décroît de 20 dB par décade au dessus de cette fréquence.

- Tracer le diagramme de Bode correspondant (uniquement pour le gain).
- Calculer le gain et la bande passante de cet amplificateur monté en suiveur de tension.
- Faire apparaître le gain de l'amplificateur suiveur sur le même diagramme de Bode.



Cet amplificateur est utilisé pour le montage suivant (figure 5).

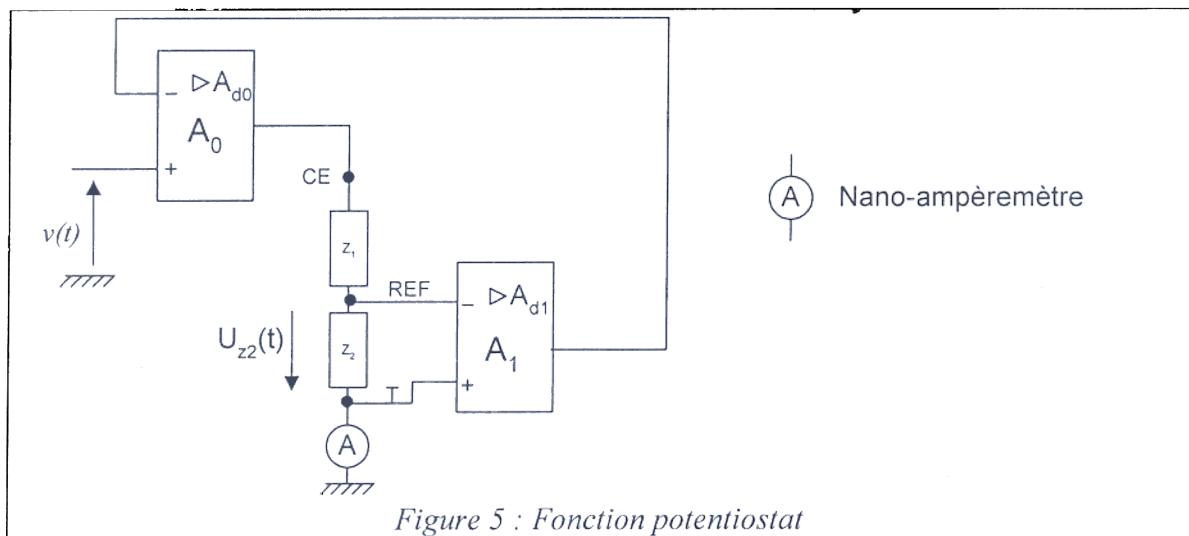


Figure 5 : Fonction potentiostat

3.1 Quelle est la caractéristique de l'impédance interne du nano ampèremètre ?

3.2 Etablir le schéma synoptique du système linéaire asservi faisant apparaître les gains différentiels de A_0 et A_1 , respectivement A_{d0} et A_{d1} .

3.3 Calculer la fonction de transfert du système bouclé

3.4 Pour mesurer la différence de potentiel $U_{z2}(t)$ entre les électrodes « T » et « REF », on propose d'utiliser pour A_1 un amplificateur d'instrumentation à trois amplificateurs opérationnels (Figure 6).

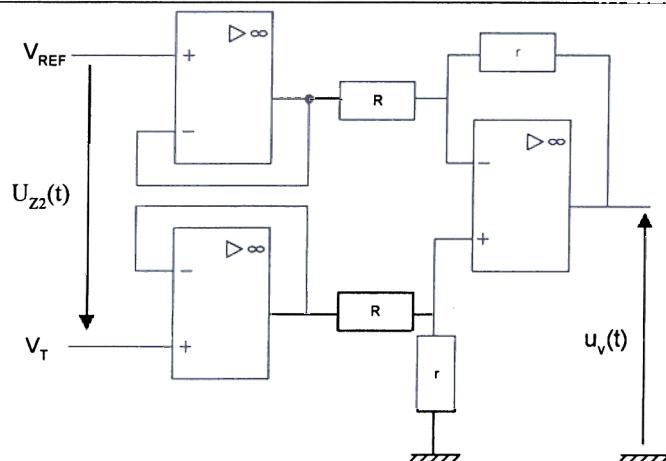


Figure 6 : amplificateur d'instrumentation à trois amplificateurs opérationnels

3.5 Quel est l'intérêt de cette structure par rapport à un amplificateur différentiel à un seul amplificateur opérationnel ?

3.6 Calculer $u_v(t)$ en fonction de la différence de potentiels $U_{Z2}(t)$ entre les électrodes T et REF et des résistances r , R . Vérifier que $r = R$ est nécessaire pour imposer la consigne $v(t)$ aux bornes de Z_2 .

Pour réaliser la fonction ampèremètre et convertir le courant en tension, on utilise un montage amplificateur de charge intégrant le courant dans une capacité C_{int} (phase d'intégration d'une durée t_{int}). Cette capacité est déchargée périodiquement au moyen de l'interrupteur commandé par ϕ_0 (phase de reset).

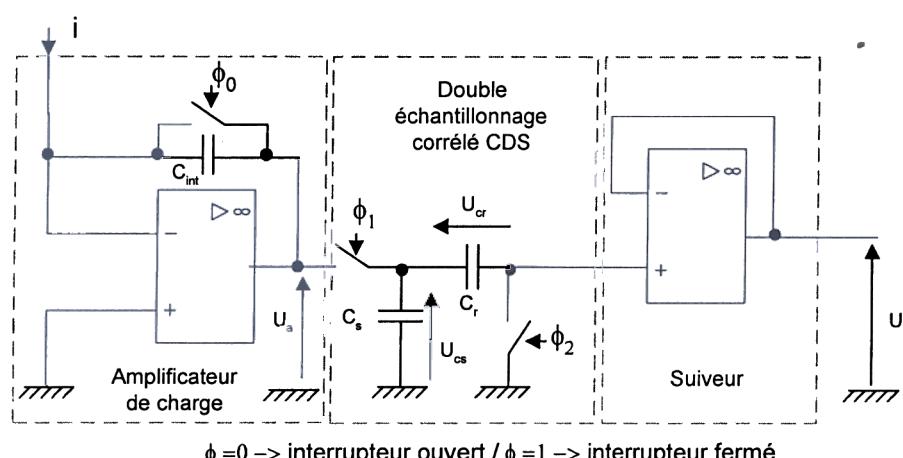


Figure 7 : Amplification de charge avec double échantillonnage corrélé

3.7 Justifier le fait que l'on peut traiter chaque bloc individuellement.

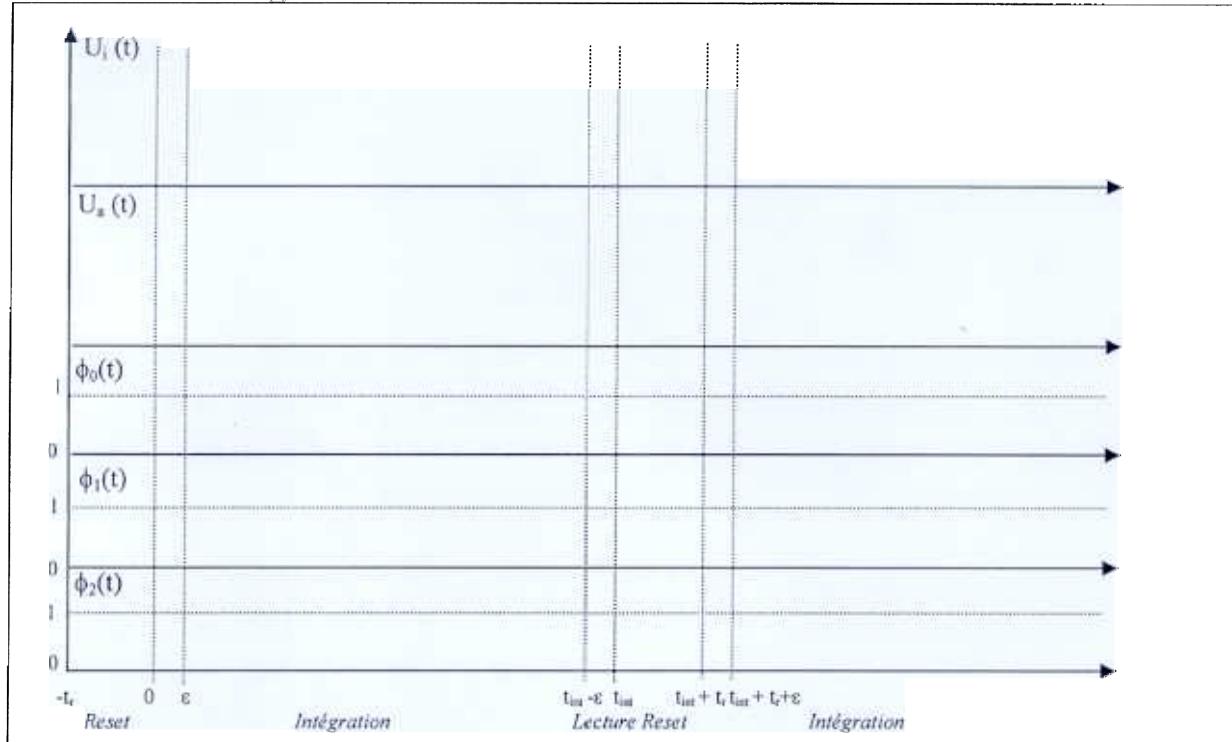
3.8 En supposant que l'on ouvre l'interrupteur ϕ_0 à $t = 0$ s, calculer $U_a(t)$ en fonction de $i(t)$.

3.9 Pour limiter les perturbations liées aux injections de charges dues aux commutations de l'interrupteur de reset (ϕ_0), on utilise un circuit de double échantillonnage corrélé composé de deux interrupteurs commandés par ϕ_1 et ϕ_2 , et des capacités C_s et C_r .

Compléter en fonction de $U_a(t)$ le tableau suivant.

Temps	ϕ_1	ϕ_2	U_{Cr}	U_{Cs}	U_i
$t \in [0, \varepsilon[$	1	1			
$t \in [\varepsilon, t_{int} - \varepsilon[$	1	0			
$t \in [t_{int} - \varepsilon, t_{int} [$	0	0			

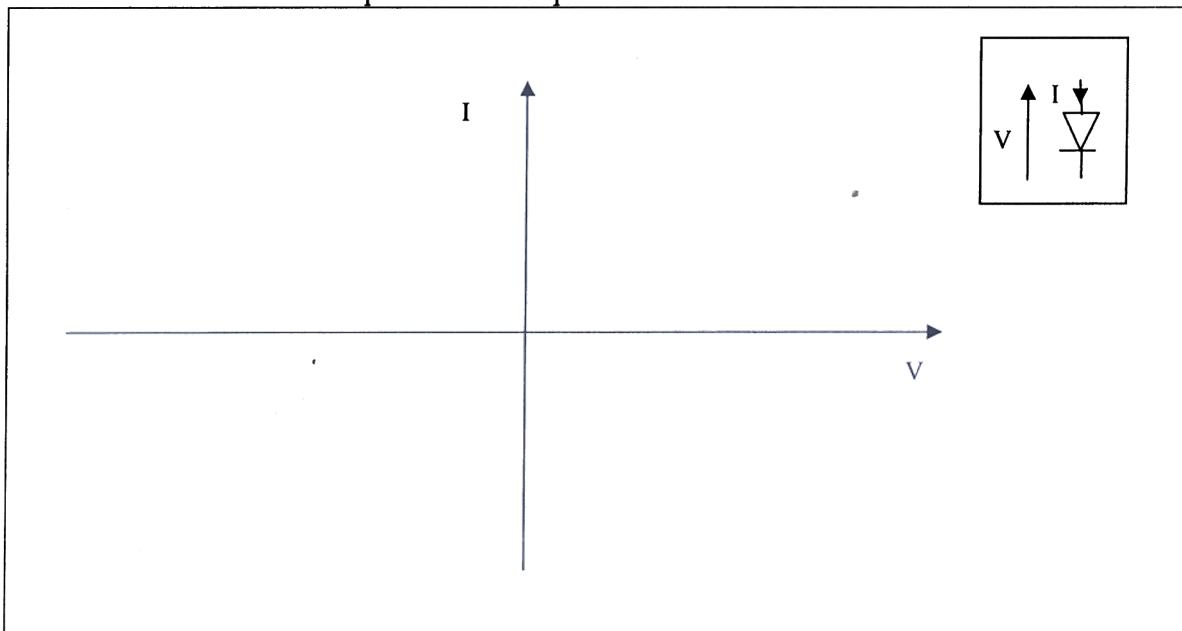
3.10 Donner les chronogrammes des signaux de contrôle ϕ_0 , ϕ_1 et ϕ_2 et l'allure des tensions $U_a(t)$ et $U_i(t)$ au cours d'un cycle « reset-intégration-lecture » pour un courant à mesurer constant $i(t) = I$.



4. Bloc fonctionnel photodétection

Le potentiostat est utilisé pour oxyder du luminol qui émettra de la luminescence en présence de peroxyde d'hydrogène (chimiluminescence électrogénérée). Cette luminescence est détectée au moyen d'une photodiode.

4.1 Tracer les caractéristiques I/V d'une photodiode dans l'obscurité et sous éclairement.



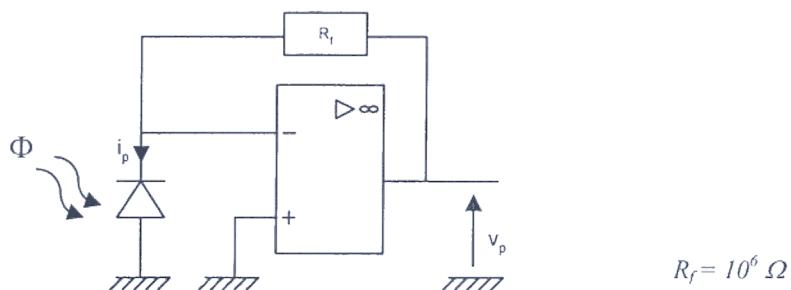


Figure 8 : préamplification transimpédance

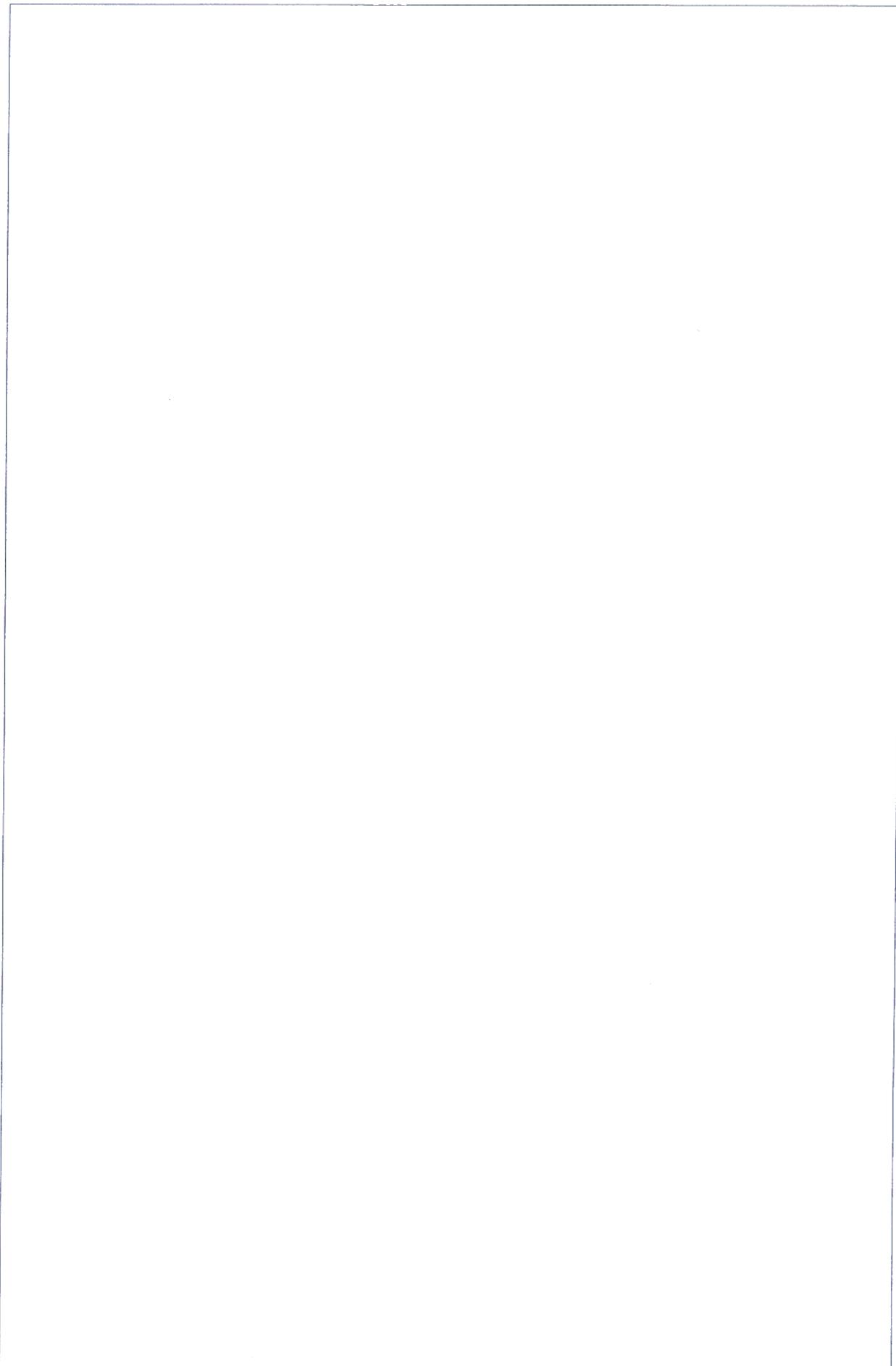
4.2 Proposer une évolution du montage de préamplification de la figure 8 pour polariser en inverse la photodiode (redessiner ci-dessous le nouveau schéma électrique).

4.3 Calculer $V_p(t)$ en fonction de $i_p(t)$ et de la polarisation inverse de la photodiode

4.4. Le signal de luminescence Φ est faible et basse fréquence (de l'ordre du Hertz).

- Comment peut-on, en ajoutant un seul composant au montage précédent, faire évoluer la réponse spectrale de l'étage de préamplification pour atténuer les perturbations liées à l'éclairage artificiel (Néons alimentés sous 50 Hz) ?

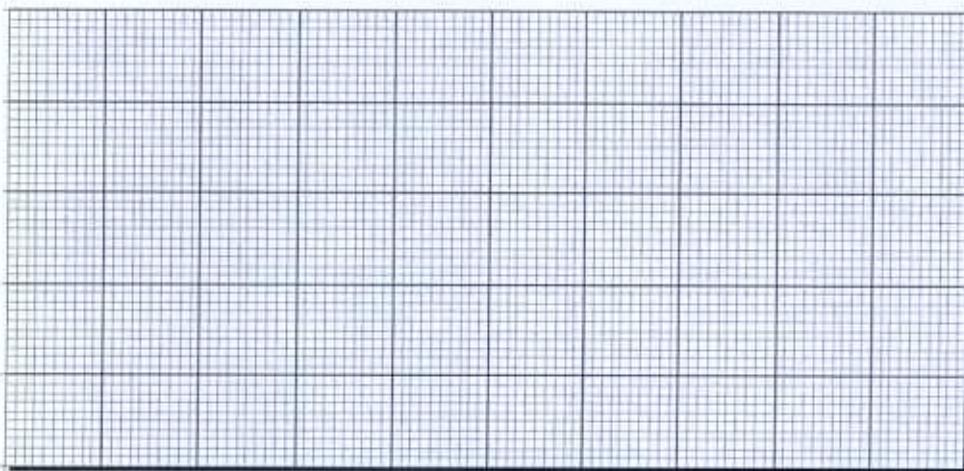
- Calculer la valeur de ce composant pour obtenir une fréquence de coupure de 20 Hz



2-1



2-3



3-0

