

Titre : Amplificateur linéaire intégré

Présentée par :

Rapport écrit par :

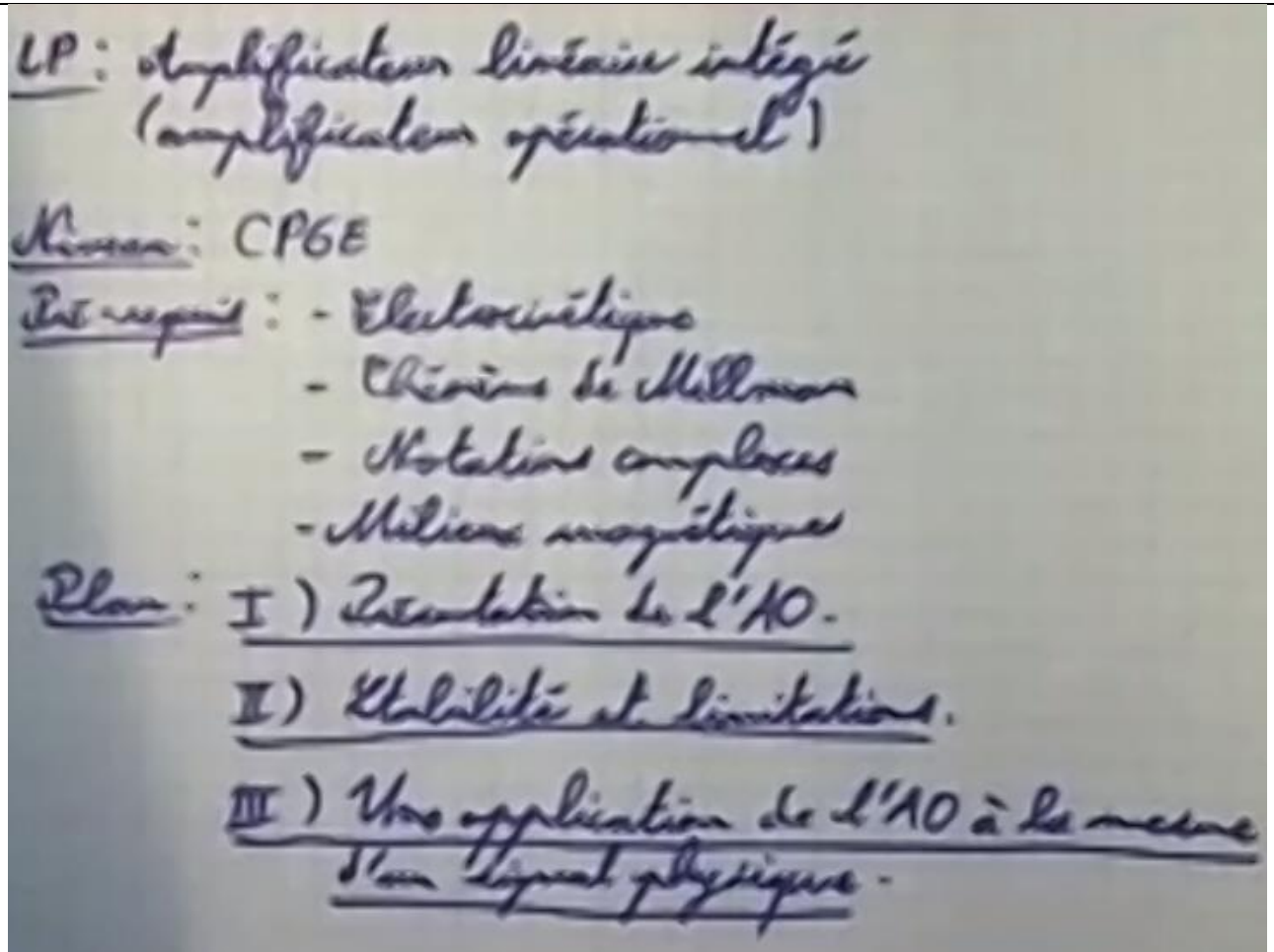
Correcteur :

Date :

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Cours de Jeremy			
Cours sur internet			

Plan détaillé



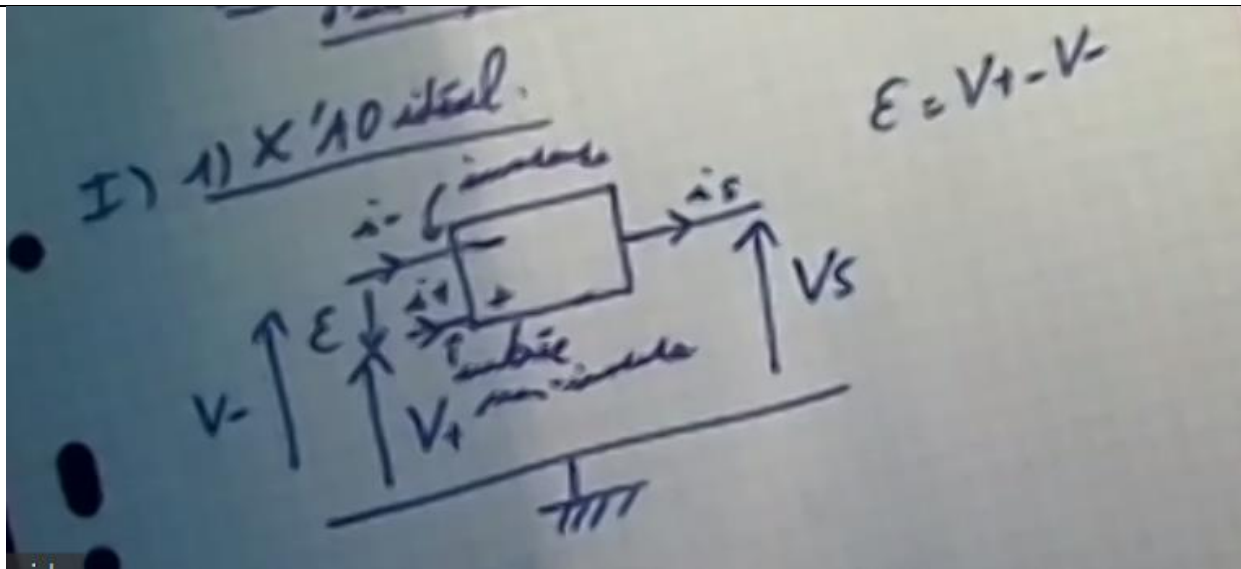
Rq : garder le terme utilisé dans le titre de la leçon ! Amplificateur linéaire intégré (ALI) ou AO.

ATTENTION MILLMAN N'EST PAS AU PROGRAMME, ON PEUT S'EN SORTIR EN PARLANT DE LOI DES NŒUDS MAIS JE PÉFÈRE LA METTRE SUR L2 ALORS

L'AO composé en électronique de base qui permet de réaliser des opérations sur de ssignaux en circuits électroniques. On veut exliquer ce qu'on peut faire.

I1) l'AO idéal

L'AO idéal est représentée par :

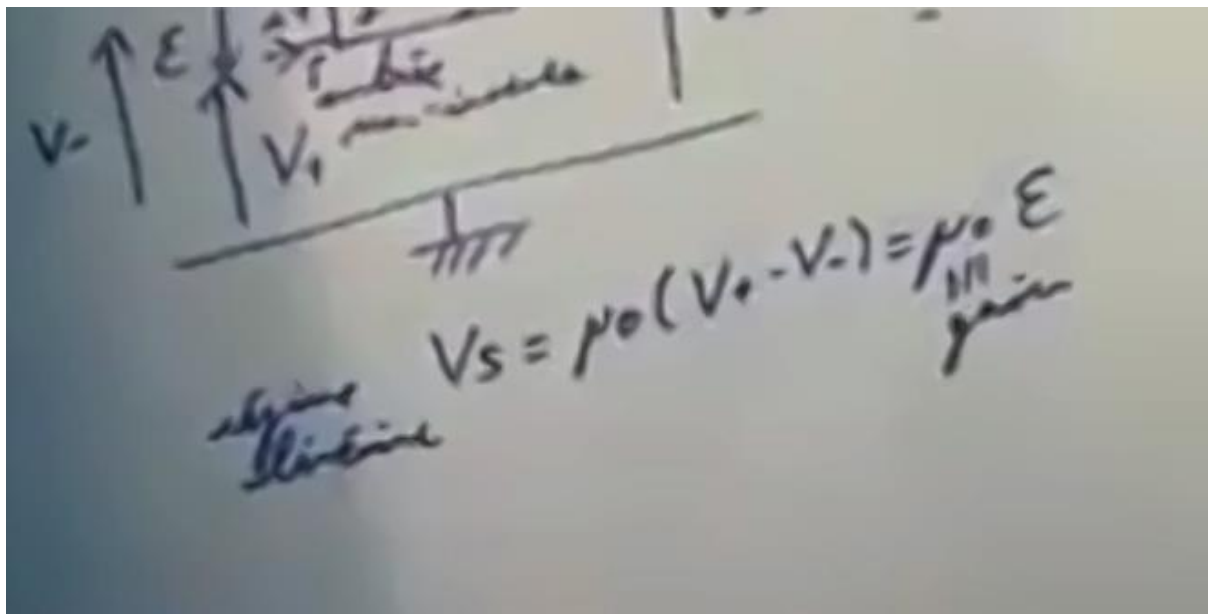


Entrée – inverseuse
Entrée + non inverseuse
La sortie

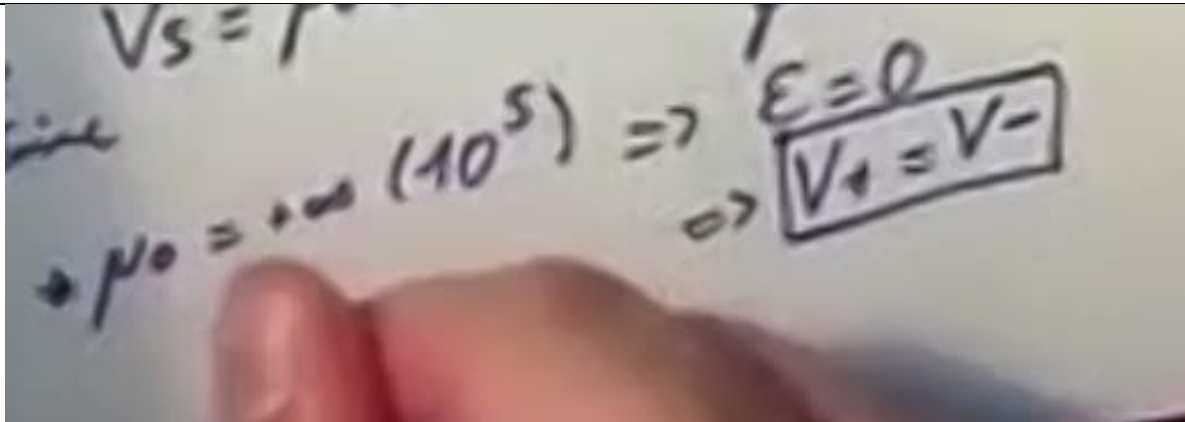
On a une tension d'entrée – V_- , une tension à l'entrée + V_+ , epsilon est leur différence.
Courant en – i_- , paparel en + i_+ et en sortie i_s

Dans cette leçon on vas traier l'AO comme une boite noir. Son but sera d'amplifier la tension epsilon.
Pour ce faire nous alimentons l'AO par deux braches, par exempla à $\pm 15V$.

Caracteristique en regime lineaire:



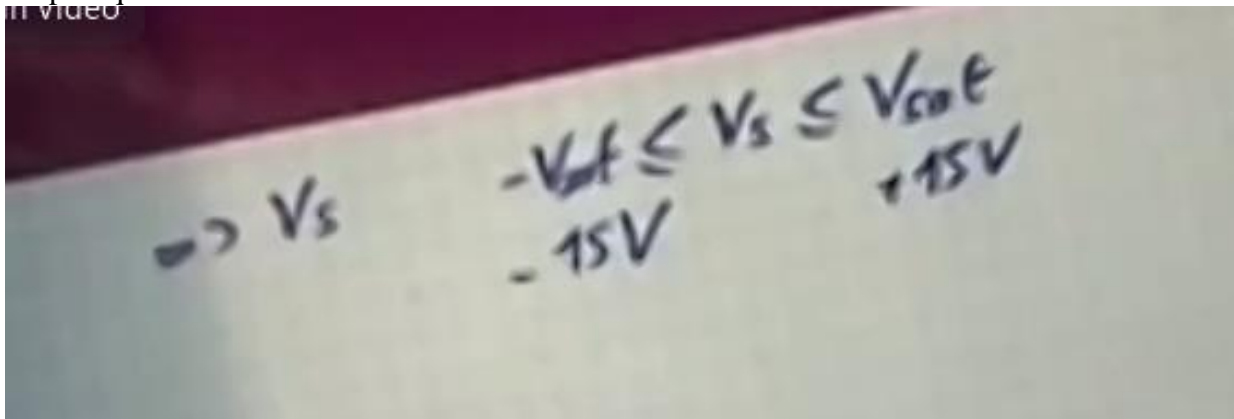
L'AO idéal, on suppose le gai infini (très grand en général). Ceci implique $v_+ = v_-$



Impedance d'entrée infinie, donc $i_+ = i_- = 0$

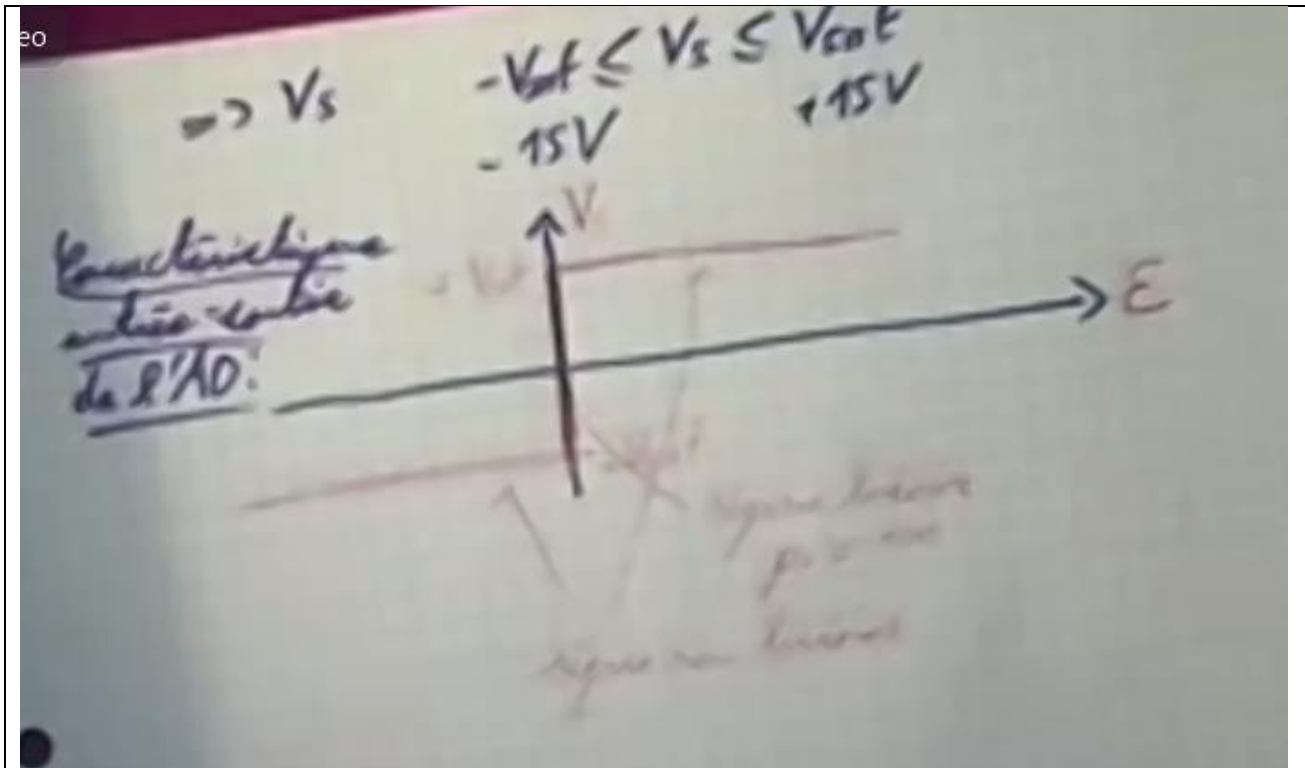
Pour que l'AO fonctionne en régime linéaire il faut boucler l'AO en sortie inverseuse -. La sortie de l'AO ne peut pas être infiniment grande, ça supposerait que la source d'alimentation $\pm 15V$ puisse délivrer une puissance infinie.

En pratique :



V_s comprise entre tension de saturation $\pm V_{sat}$.

Caractéristique de l'AO :

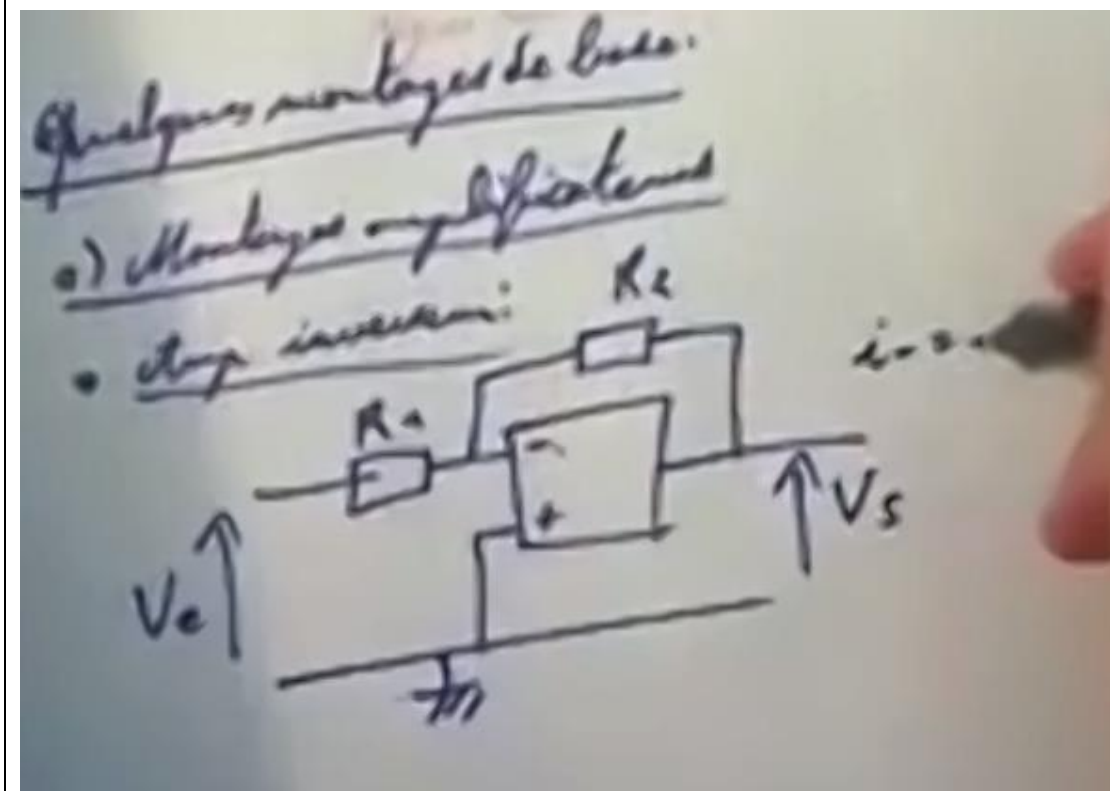


Régime linéaire et non linéaire

2) quelques montages de base [7 :32]

a) montage amplificateur

il existe l'amplificateur inverseur :



AO idéal $i^- = i^+ = 0$ (et regime lineaire).

On applique alors Millman en -

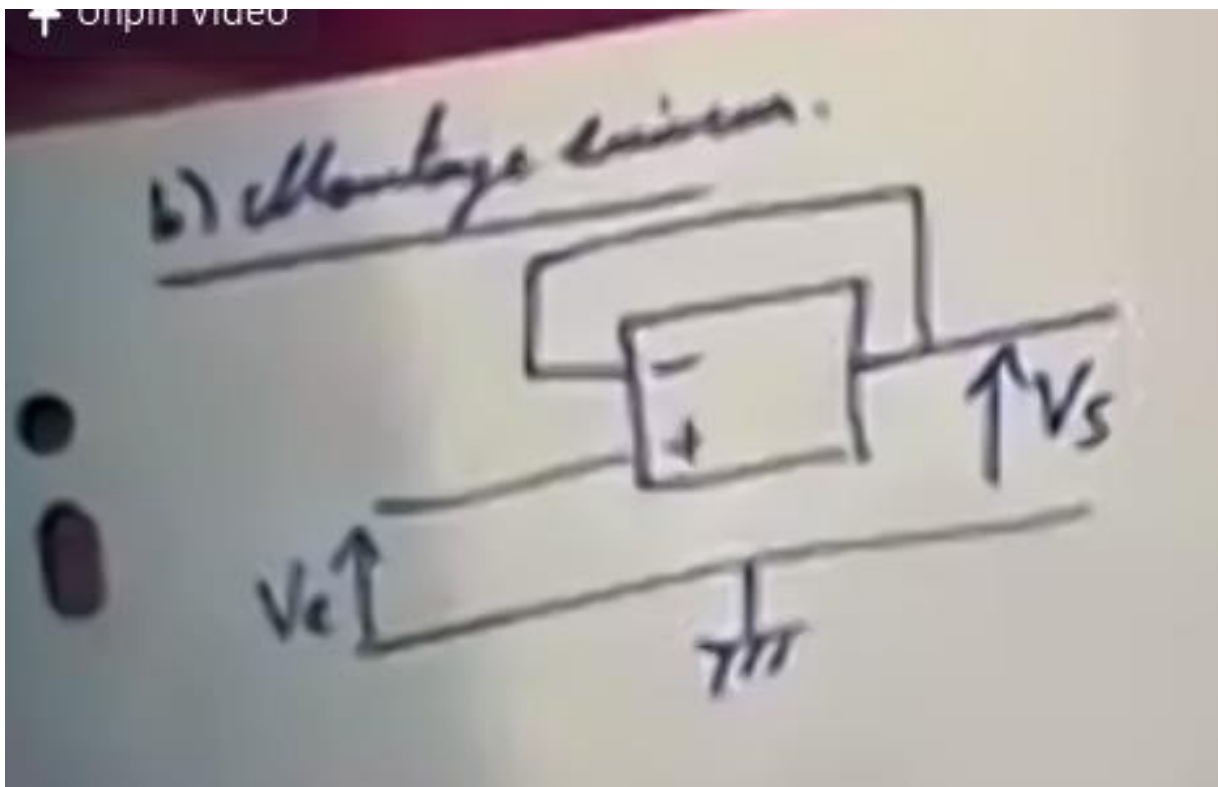
Handwritten derivation of the voltage divider formula using Millman's theorem. The circuit shows an input voltage V_e connected to a node through a resistor R_1 . This node is also connected to ground through a resistor R_2 . The output voltage V_s is taken from this node. The derivation shows that the sum of currents at the node is zero, leading to the formula $V_s = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_e$.

$$\frac{(V_e - V_s)}{R_1} + \frac{(V_s - 0)}{R_2} = 0$$
$$V_s = 0$$
$$\Rightarrow V_s = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_e$$

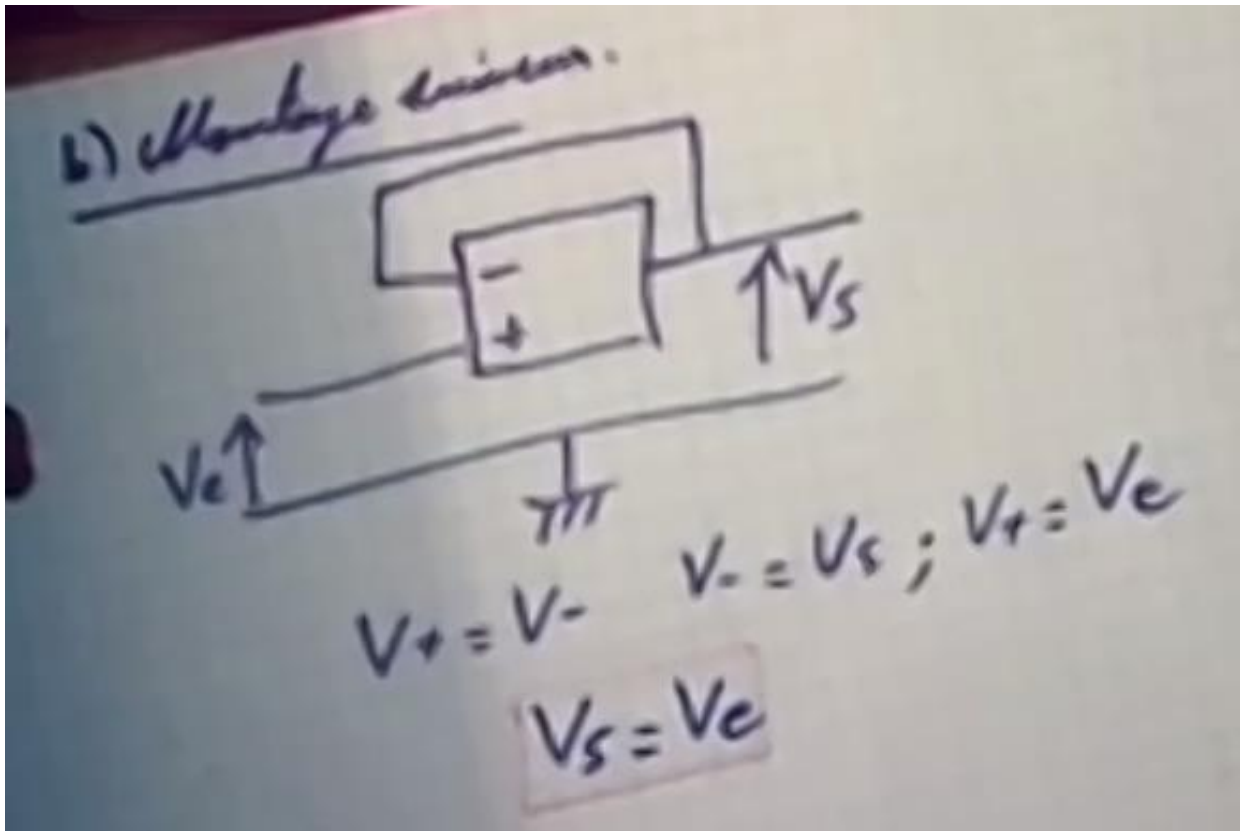
Si $R_2 > R_1$ amplitude plus grande en sortie que en entrée, signe - fait que on inverse le signal.

Il existe aussi l'amplificateur non inverseur (dire la différence)

b) montage suiveur [10 :36]



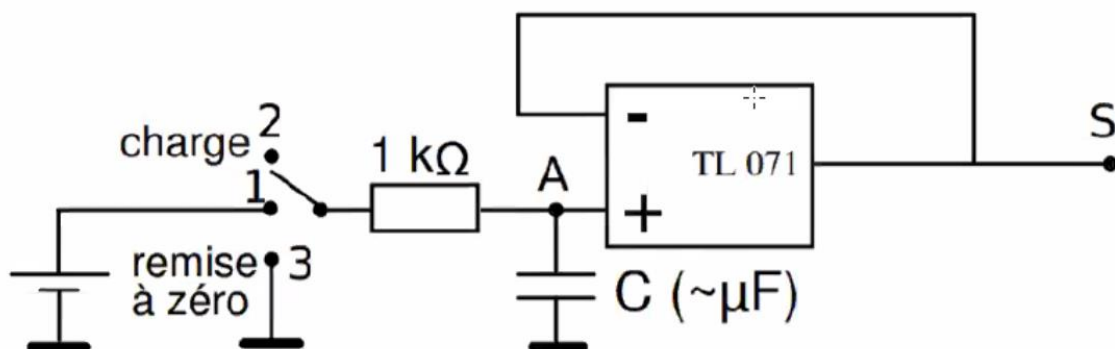
Comme l'AO est idéal $v_+ = v_-$ et $V_- = V_s$ tandis que $V_+ = V_e$ (tension d'entrée)



A quoi sert le montage alors ?

SLIDE

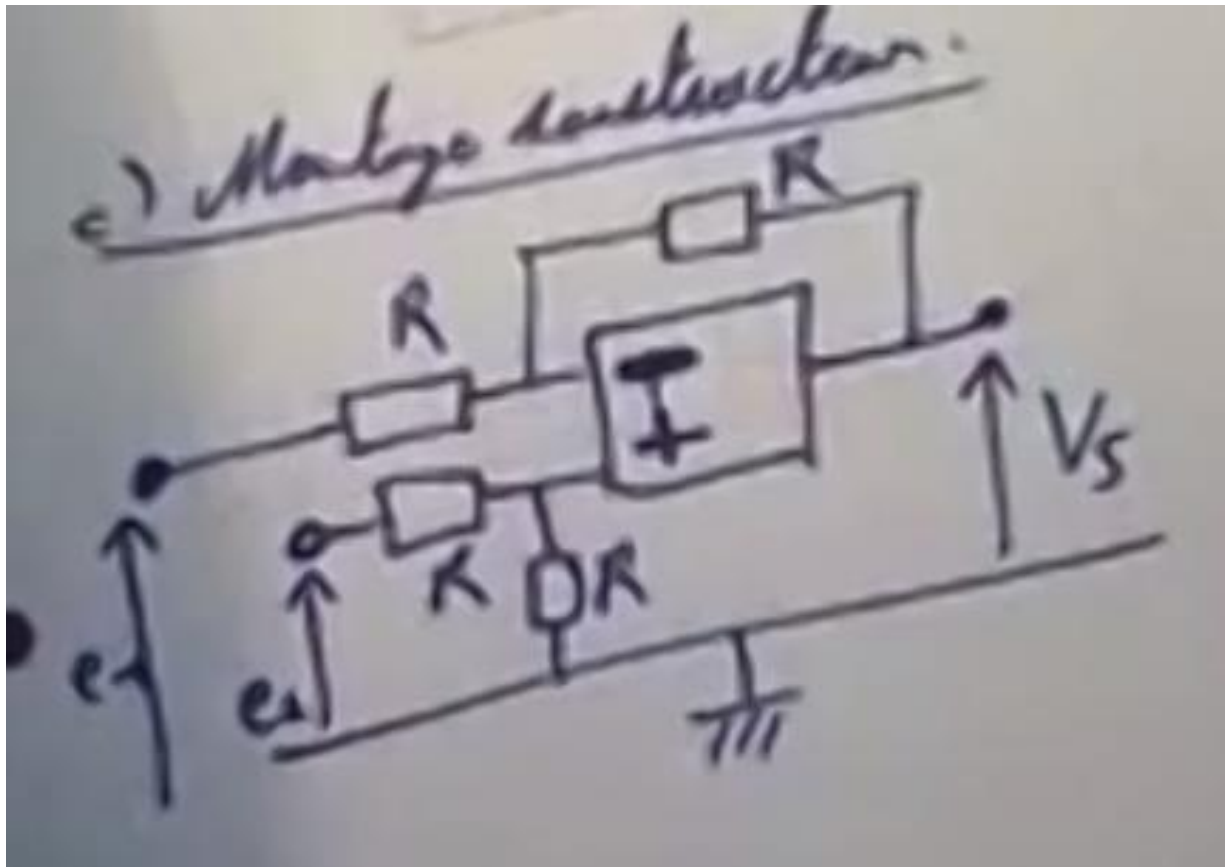
Utilité du montage suiveur



Nous avons un circuit RC sur l'entrée + de l'AO.

Si on ferme le circuit on charge le condensateur. Si on regarde la tension au voltmètre le condensateur se déchargerait. Par contre si on regarde la tension V_s on mesure la tension du condensateur sans perturber le circuit. Il permet d'isoler des parties du circuit !

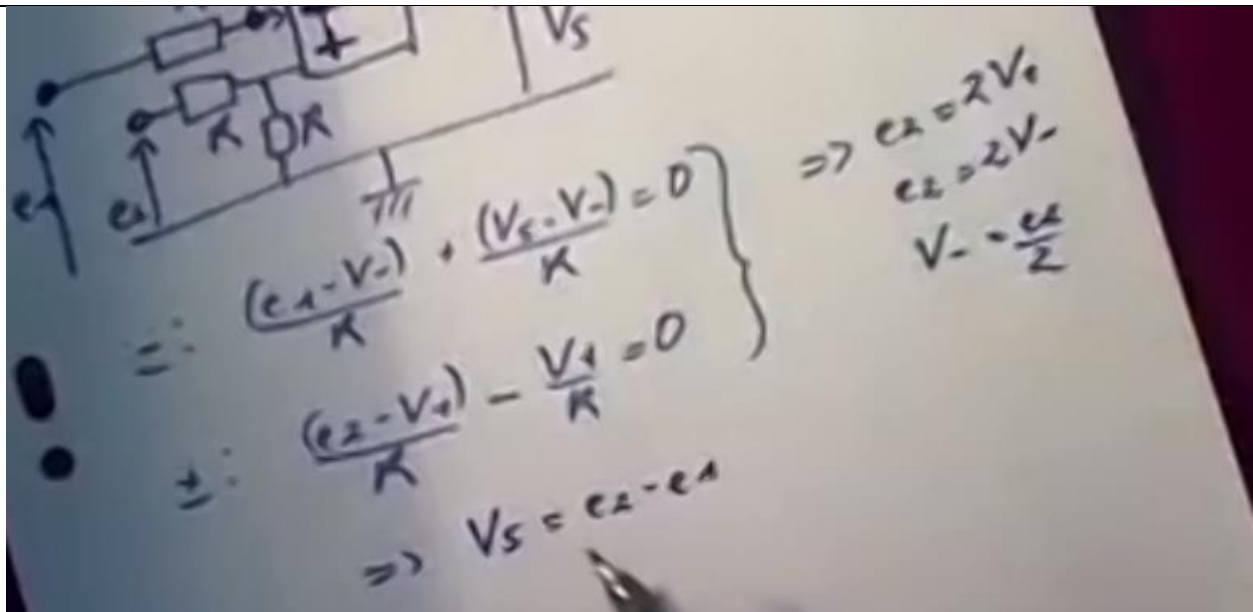
c) montage soustracteur [14 :00]



Toutes les résistances sont égales. On applique Millman en – et en + :

$$\begin{aligned} \therefore \frac{(e_1 - V_-)}{R} + \frac{(V_s - V_-)}{R} &= 0 \\ \therefore \frac{(e_2 - V_-)}{R} - \frac{V_+}{R} &= 0 \end{aligned}$$

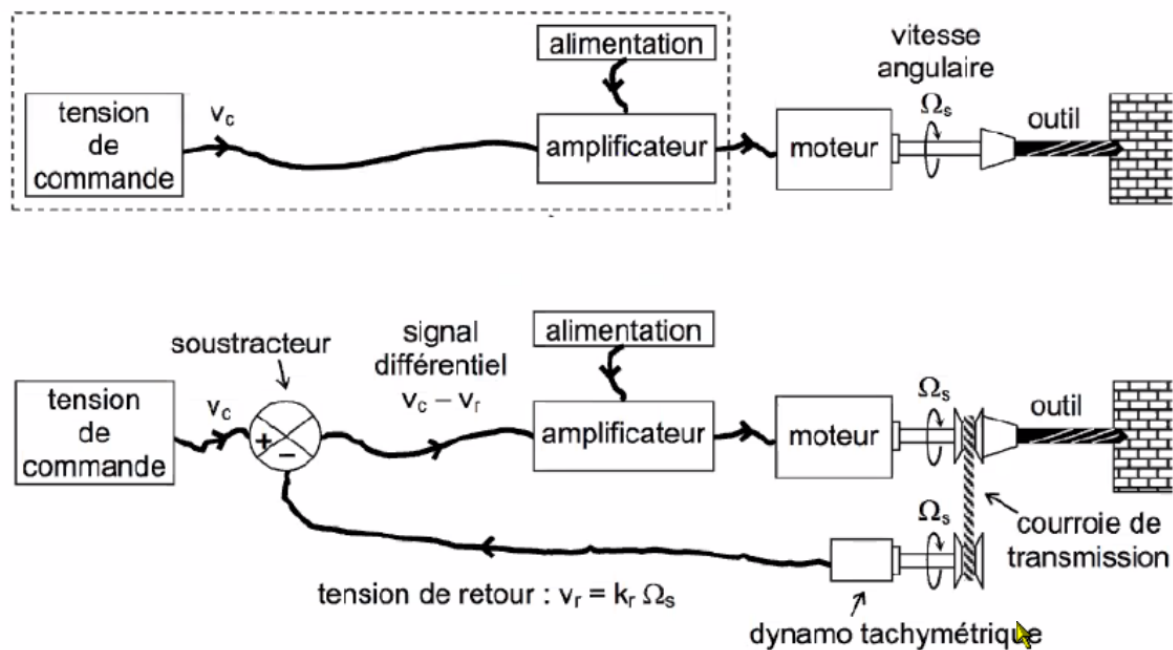
Si on continue on arrive à en combinant :



La tension de sortie est égale à la différence des tensions d'entrée

Utilité du montage : **SLIDE**

Utilité du montage soustracteur



Ce montage est utilisé dans des systèmes asservis pour comparer la valeur de commande à la valeur mesurée !

Forêt torune à une vitesse, on compare cette vitesse convertis en tension à la tension de commande pour réguler la vitesse.

Jusqu'ici n'a parlé de l'AO idéal. On a toujours bouclé en sortie inverseuse pour que le système fonctionne en régime linéaire. Que se passe-t-il quand on sort de ce système, quelles conditions de stabilité alors ?

II.1) Stabilité.

On se place en complexes.

Au premier ordre la fonction de transfert de l'AO peut être modélisée comme un passe bas :

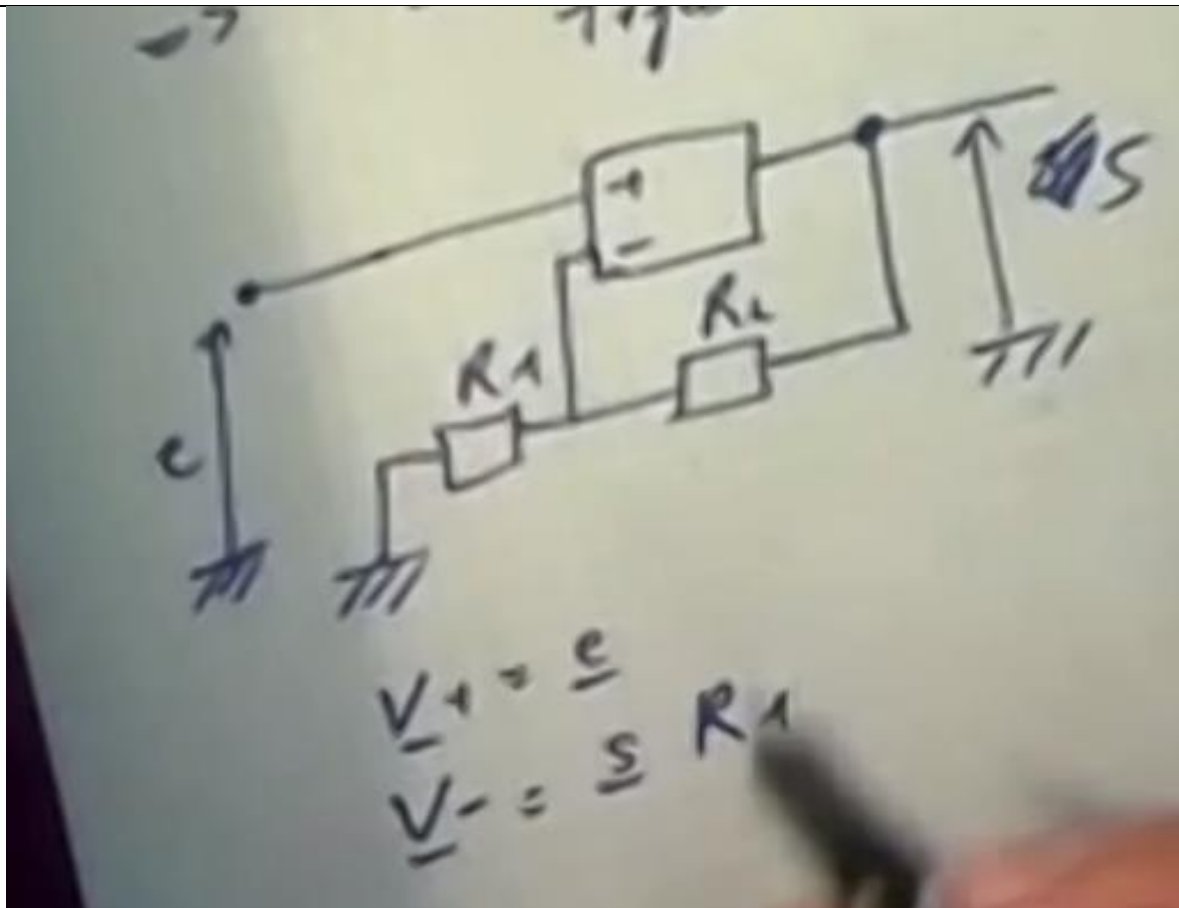
II) Stabilité

1) Stabilité: $\underline{\underline{\varepsilon = \mu_0 \varepsilon}}$

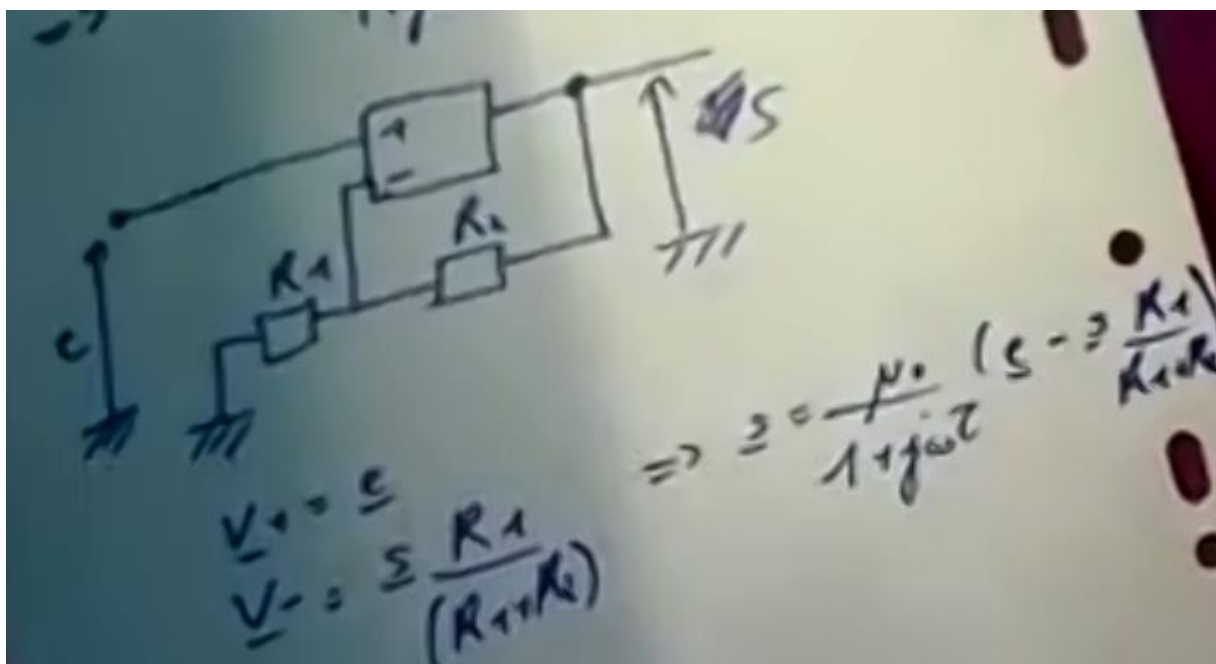
$\rightarrow \underline{\underline{\varepsilon = \frac{\mu_0}{1 + j\omega\tau} \varepsilon}}$

On s'intéresse à notre montage amplificateur inverseur.

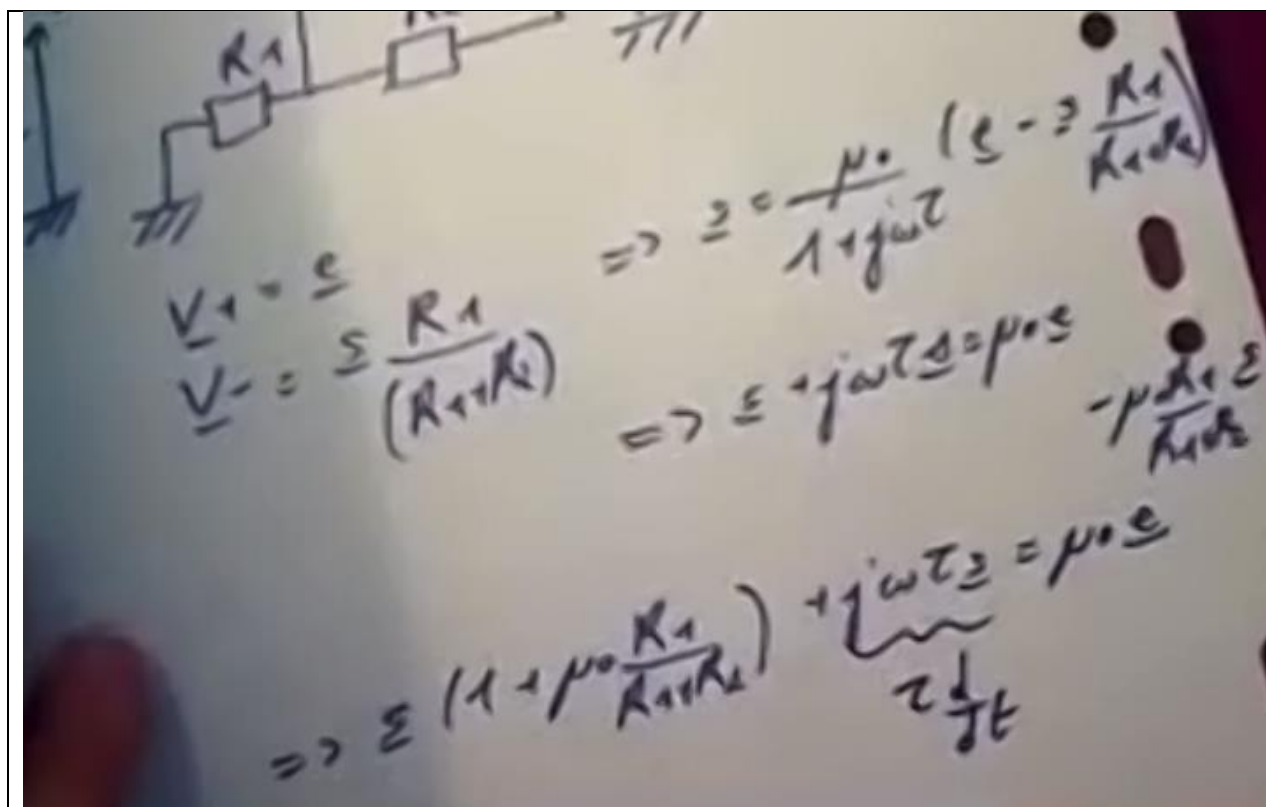
On applique millman en –



Ceci nous conduit à :



On multiplie par le dénominateur des 2 cotés, ensuite on rassemble les termes en s des 2 cotés.



Handwritten notes on a circuit diagram and equations. The circuit diagram shows a voltage source ε connected in series with a resistor R_1 and a dependent current source $\mu_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \varepsilon$. The voltage across the current source is V_+ and the voltage across the resistor R_1 is V_- . The equations are:

$$V_+ = \varepsilon$$

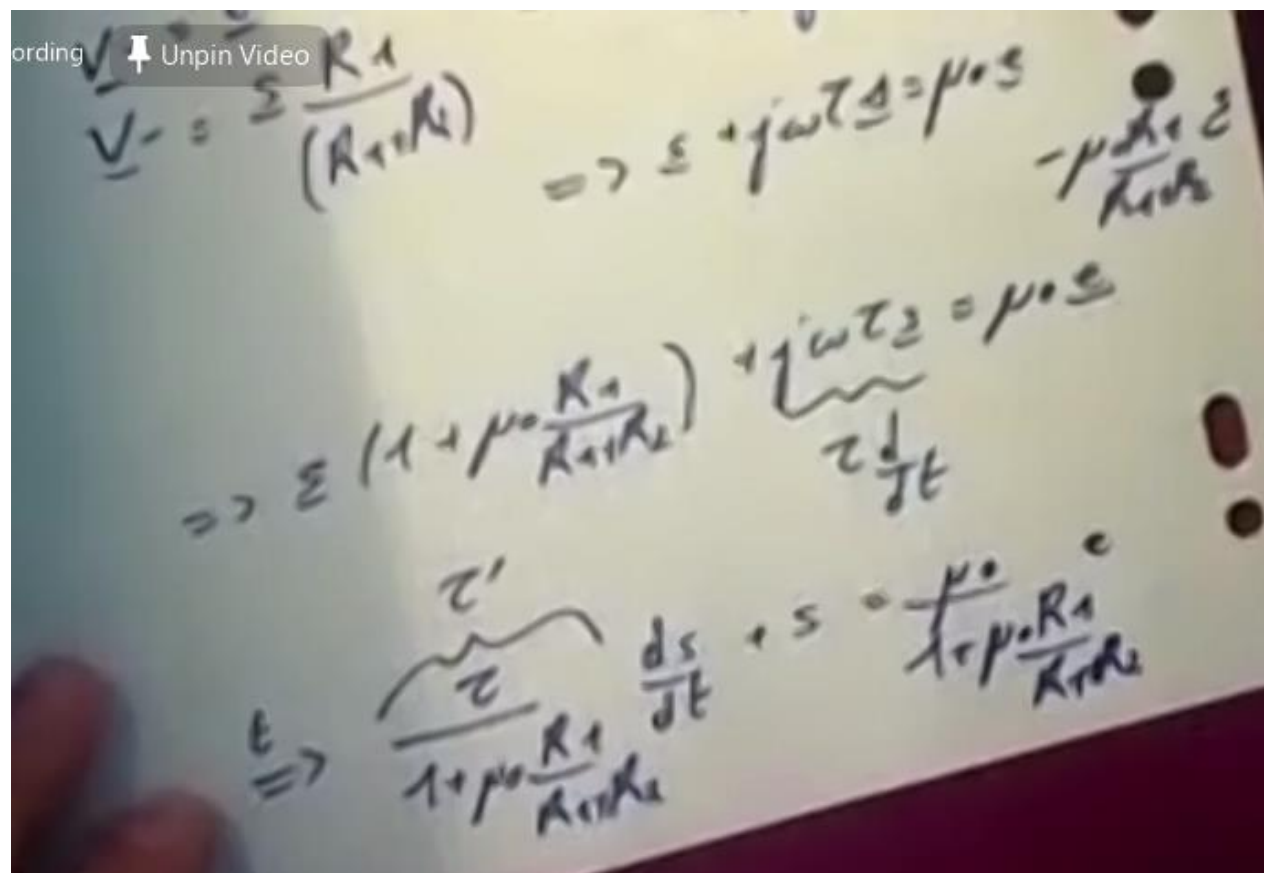
$$V_- = \varepsilon \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{\mu_0 (1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2})}{1 + j\omega\tau} \varepsilon$$

$$\Rightarrow \varepsilon + j\omega\tau \varepsilon = \mu_0 \varepsilon$$

$$\Rightarrow \varepsilon (1 + \mu_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}) + j\omega\tau \varepsilon = \mu_0 \varepsilon$$

On reconnaît une dérivée par rapport au temps. Si on revient en notation réelle



Handwritten notes on the same circuit diagram and equations, showing the real notation conversion. The equations are:

$$V_+ = \varepsilon$$

$$V_- = \varepsilon \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow \varepsilon + j\omega\tau \varepsilon = \mu_0 \varepsilon$$

$$\Rightarrow \varepsilon (1 + \mu_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}) + j\omega\tau \varepsilon = \mu_0 \varepsilon$$

$$\Rightarrow \frac{\tau}{1 + \mu_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon = \frac{\mu_0}{1 + \mu_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \varepsilon$$

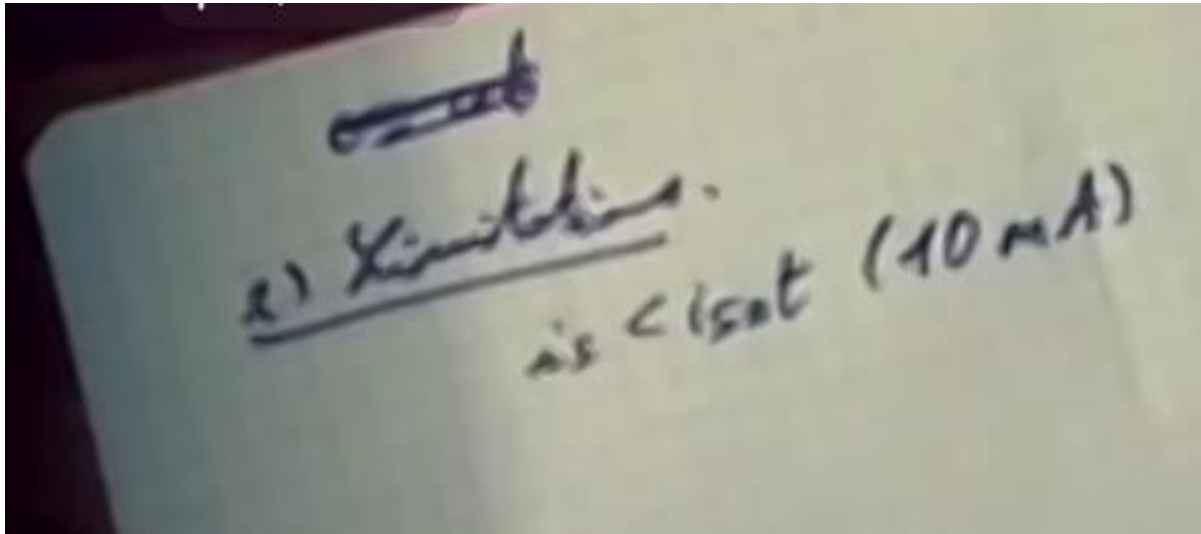
Considérons un cas simple avec $\varepsilon = \text{cte}$.

Comme $\mu_0 \gg 1$ alors τ' aura le signe de μ_0 . Si on boucle sur la norme inverseuse $\mu_0 > 0$, solutions non divergentes, système stable.

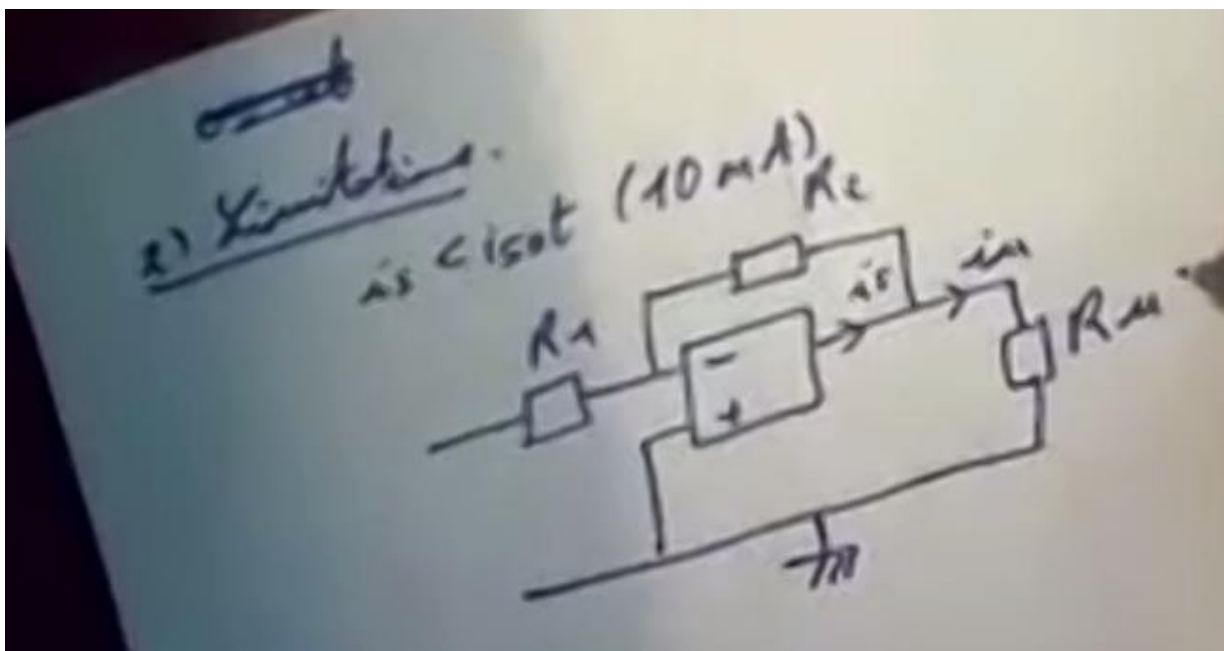
Or si on boucle sur borne + $\mu_0 < 0$, dnc instable !

2) [23 :45] limitations

On a montrée que on peut saturer en tension. On peut aussi saturer en courant



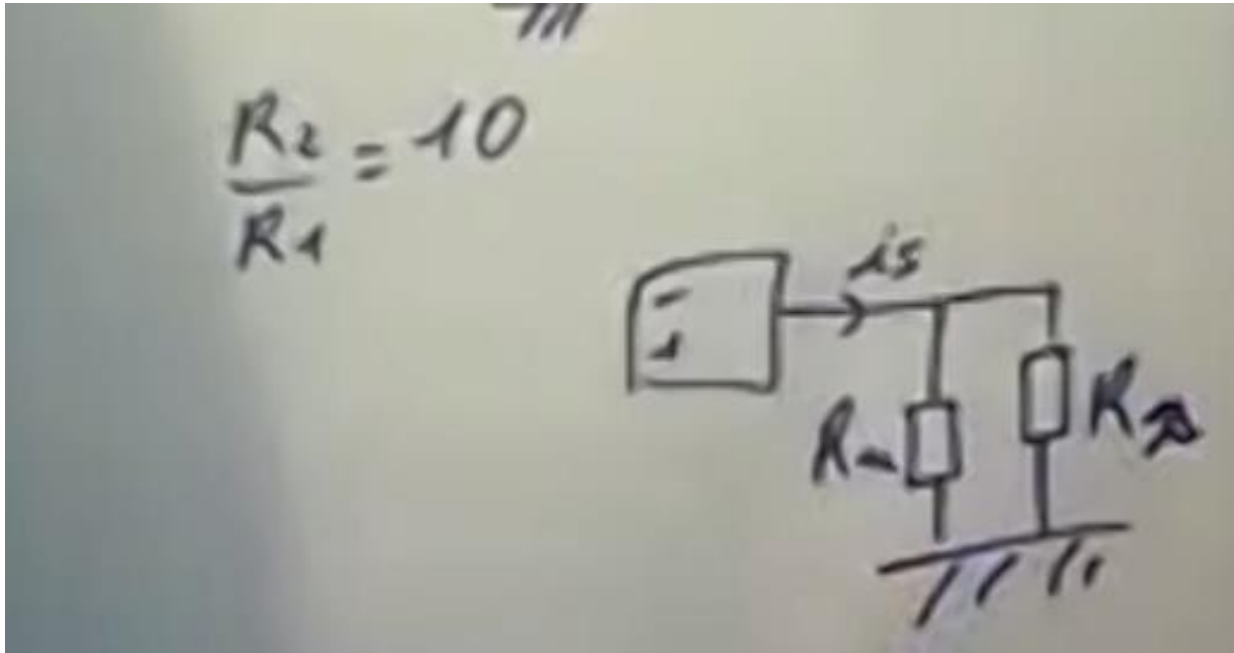
Revenons sur le montage de l'amplificateur inverseur. On a ajouté une impédance en sortie qu'on appelle R_u on la fixe à 3K ohm



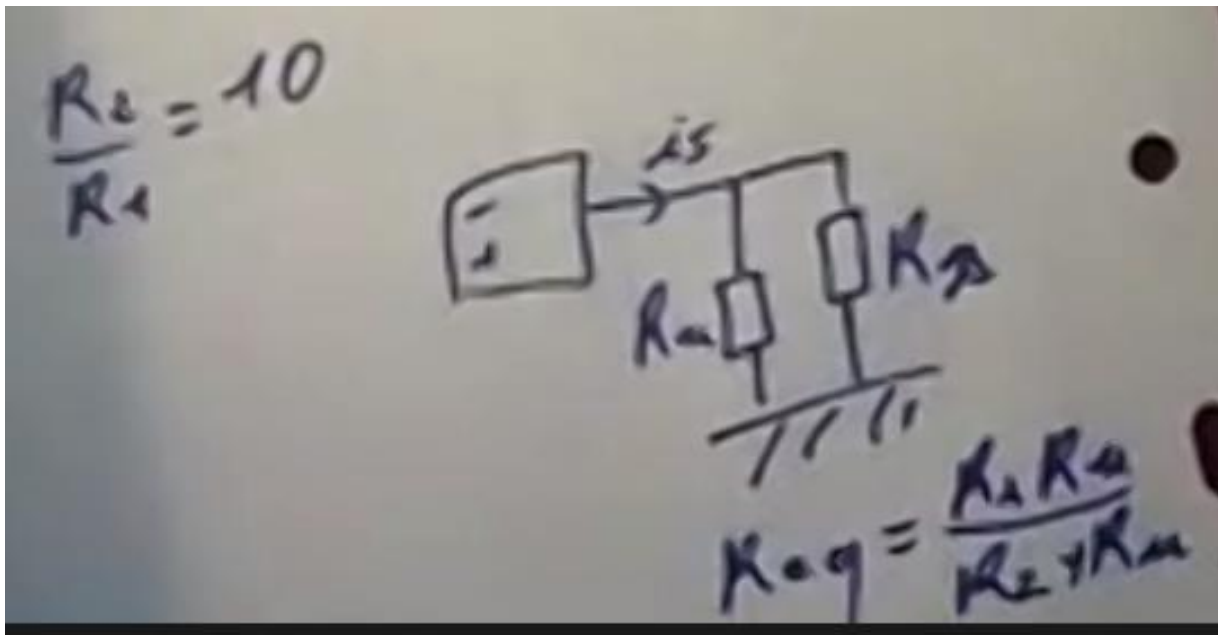
On suppose $R_2/R_1 = 10$

On donne directement le resultat. Comme $V_- = V_+$ le potentiel - est aussi à la masse.

Tout ce passe comme si :



Avec une résistance équivalente :



Comme en saturation en tension, V_s est au plus égale à V_{sat} . Le courant maximal en sortie = V_{sat}/R_{eq}

Or :

Handwritten equation: $i_{moa} = \frac{V_{sat}}{R_{eq}} < i_{sat} = 10mA \rightarrow R_2$

Ceci nous amène à une relation de R_2 :

Handwritten equation: $i_{moa} = \frac{V_{sat}}{R_{eq}} < i_{sat} = 10mA \rightarrow R_2 > \frac{R_m - \frac{V_{sat}}{i_{sat}}}{R_m - \frac{V_{sat}}{i_{sat}}} = 3k\Omega$

SLIDE :

Conditions de non-saturation du courant en sortie d'un AO pour le montage amplificateur inverseur

- Charge: $R_u = 3 k\Omega$
- Gain : $\frac{R_2}{R_1} = 10$

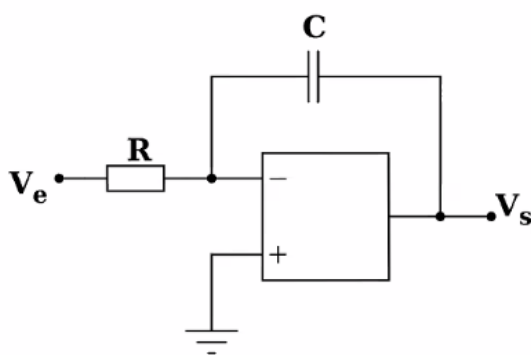
R_2	R_1	Commentaires
1 kΩ	100 Ω	Saturation
3 kΩ	300 Ω	Cas limite
10 kΩ	1 kΩ	Bon choix

La saturation de l'AE en courant nous ne permet pas d'utiliser n'importe quel combinaison de résistances !.

III

Slide

Montage intégrateur



Théorème de Millman appliqué en V_- :

$$\frac{(V_e - V_-)}{R} + jC\omega(V_s - V_-) = 0$$

$$\text{Or } V_- = V_+ = 0$$

$$\Rightarrow V_s = -\frac{1}{jRC\omega} V_e$$

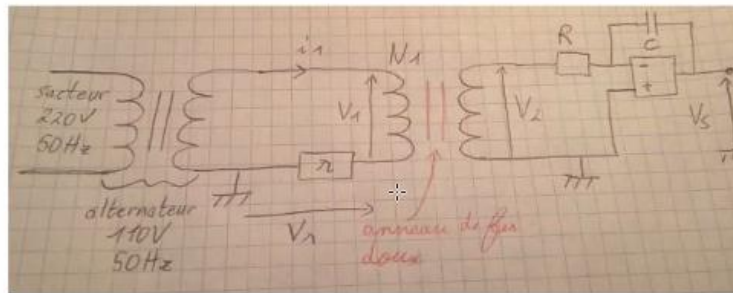
Dans le domaine temporel :

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

On applique Millman et en revenant dans le domaine réel on se rend compte que on a fait une intégrale de la tension d'entrée.

Ceci nous permet de mesurer par exemple le cycle d'hysteresis du fer doux.

Mesure du cycle d'hystérésis du fer doux



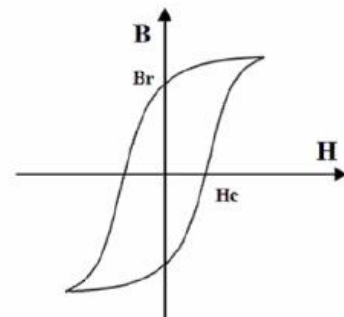
$$\begin{aligned} r &= 20 \, \Omega \\ R &= 50 \, k\Omega \\ C &= 7 \, \mu F \\ N_1 &= 500 \\ N_2 &= 100 \end{aligned}$$

$$H = \frac{N_1 I_1}{L} = \frac{N_1}{rL} V_r$$

Grâce à l'AO intégrateur :

$$V_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} = N_2 S \frac{dB}{dt}$$

$$\Rightarrow B = \frac{RC}{N_2 S} V_s$$



EN choisissant judicieusement les résistances on peut obtenir les différentes grandeurs :

Avec l'AO on peut obtenir un signal proportionnel à B [30 :34]

Conclusion. On a pas parlé de la possibilité de faire du filtrage temporel.

RQ : DIRE 2 QUELQUES MOTS SUR LE COMPAREUR EN REGIME SATURÉE AU DÉBIT DE LA LEÇON.

Par exemple le comparateur à hysteresis est trop long, pareil pour les filtres. Il suffit juste de mentionner qu'il existe des comparateurs.

On peut gagner un peu de temps dans le suiveur (le faire plus rapidement).

Questions posées par l'enseignant

Questions :

1) pourquoi il y a des alimentations ?

- Pour amplifier la tension il faut une source d'énergie extérieure.

2) un AO a 8 pattes, elles servent a quoi les 3 autres ?

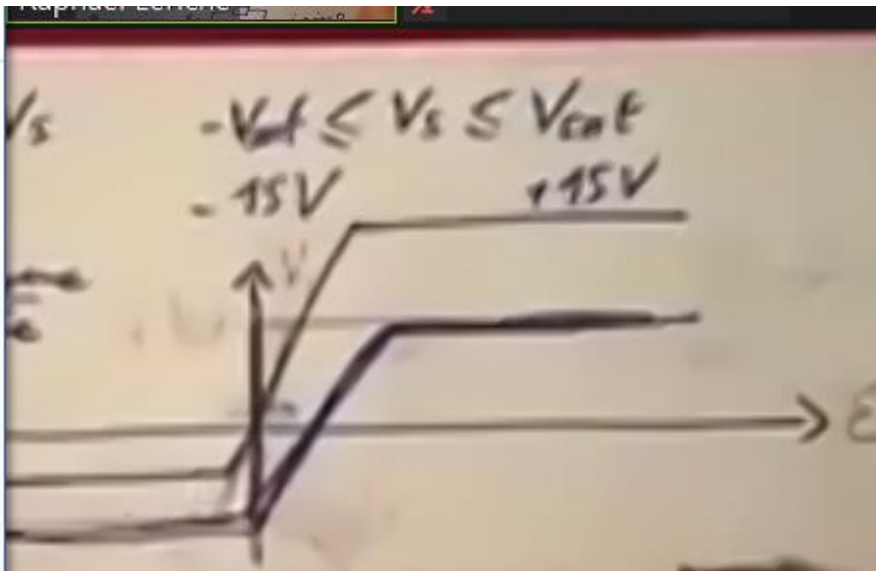
Une sert à rien et les 2 autres permettent d'imposer des offset

3) on met un potentiomètre sur les 2 autres pattes, il sert à quoi ?

Régler l'offset

4) Pourquoi on a un offset ? quel montage pour régler l'offset ?

Il y a parfois un petit décalage dans la fonction de transfert du zéro. On joue sur ceci pour compenser. Ceci est dû aux alimentations qui ne sont pas tout à fait symétriques.



(courbe du bas)

On boucle sur AO amplificateur inverseur ou non inverseur et la borne V1 à la masse. Ceci permet de régler le potentiomètre (en sortie on devrait être à 0)

5) Sur un ampl réel, ça vaut quoi i+ et i- ?

50nA

6) à l'intérieur de l'AO il y a quoi ?

Transistors, un condensateur

7) le i+ et le i- il rentre sur quoi alors ?

Sur un push-pull

8) ça rentre dans quelle partie du transistor ?

Sur la base du transistor

9) Pour un AO réel le domaine linéaire n'est pas tout droit, en amplitude l'épsilon vaut combien à peu près ?

$\sim 0.2 \text{ mV } (V_{sat}/\mu_0)$

10) tu as dit que dans le non inverseur c'est quoi la formule de v_s en fonction de v_e ?

$(1+R_1/R_2)V_e = V_s$ (ordre des résistances à vérifier)

11) Dans les limitations c'est quoi le slew rate ?

Vitesse de Balayage

12) Comment on la définit ? quel effet sur signal sinusoidal ?

La vitesse avec laquelle l'ao re-percute à sa sortie une variation d'entrée. C'est une saturation en pente. Le signal est alors triangularisé (si sinusoidal).

13) Ordre de grandeur du Slew Rate ?

0.5V/micro seconde pour le 741, 20V/micro seconde pour les autres qu'on utilise

Revenons sur le schéma du suiveur en slide :

14) Ce montage est un montage de base dans un autre type de système, il s'appelle comment ?

Échantillonneur bloqueur quand l'interrupteur est commandé par une certaine tension.

15) Pourquoi dans le VM on ne met pas un suiveur en entrée ?

Il y a bien un équivalent dans les ohm-mètres, mais peut être un peu moins performant que un bon AO qui aurait une impédance beaucoup plus grande. Le condensateur se recharge quand même un peu car $1 + \frac{R_f}{R_i}$ existe mais est très faible.

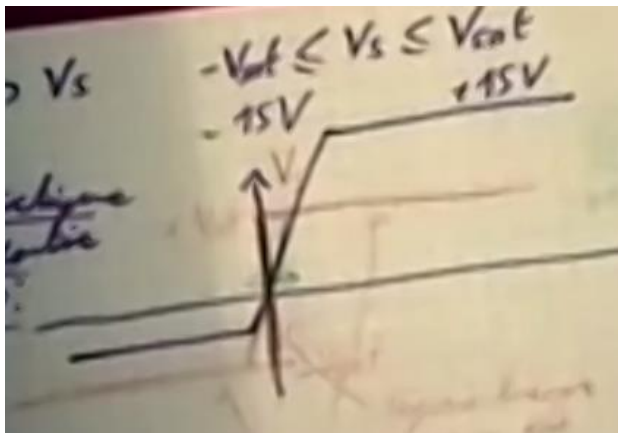
Impédance $\sim 2\text{Mohm}$ pour un 741 mais TL 081 impédance de 10^{12}ohm !! Ceci justifie le montage suiveur.

16) Peut tu mieux expliquer le changement du signe de μ_0 ?

Échanger les bornes + et - revient à avoir un epsilon qui aura un signe opposé. La discussion est un peu plus délicate que ça mais bon. On peut le maintenir.

17) On peut prendre des alimentations non symétriques ?

On peut mais alors les tensions de saturation ne sont plus symétriques on reste . En revanche il y a des valeurs à ne pas dépasser. Les V_{sat} sont pas tout à fait aux tensions de saturation (petite chute de tension).



Commentaires donnés par l'enseignant

Partie réservée au correcteur

