

ENSEIGNEMENT DE PHYSIQUE

1ère ANNEE

Plan de Cours

(3ème partie)

- Electricité

- Physique du Noyau
Radioactivité

1991 - 1992

PHYSIQUE DU NOYAU - PHENOMENE DE LA RADIOACTIVITE

C H A P I T R E I

1 - GENERALITES

1.1. Unités employées en Physique du noyau

1.2. Relation masse-énergie

Equivalence masse-énergie

* $E = Mc^2$

* $\Delta E = \Delta Mc^2$

* Conclusions

* Application : exercice

1.3. Les particules élémentaires

1.3.1. Généralités

1.3.2. Quarks et leptons

1.3.2.1. Quarks

A - 3 expériences :

- Rutherford : α de 9 MeV
- électrons de 100 MeV sur hydrogène liquide
- électrons de 20 GeV ou neutrinos de 30 GeV sur des protons : diffusion inélastique des e^- par des protons liés (1970), J.I. FRIEDMAN, H.W. KENDALL, R.E. TAYLOR

B - Conclusions

1.3.2.2. Leptons

1.3.3. Récapitulatif

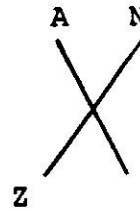
2 - CONSTITUTION DU NOYAU

2.1. Tout noyau est une association de 2 espèces de nucléons unis par la force nucléaire

- proton, p caractéristiques et propriétés
- neutron, n caractéristiques et propriétés

2.2. Conclusions

Numéro atomique Z
Nombre de masse A



2.3. Noyaux isotopes, isotones, isobares, isomères

3 - FORMATION D'UN NOYAU

3.1. Sa masse par rapport à celle de ses constituants ?

Conclusion : énergie (totale) de liaison = B
énergie de liaison/nucléon = B/A

2 exemples

exercice

3.2. Evolution de B/A en fonction de A

- construction de la courbe
- étude de cette courbe : explication des phénomènes de fusion et de fission

4 - CARACTERISTIQUES DU NOYAU

4.1. Dimension

4.2. Distribution des charges dans le noyau

4.3. Volume

4.4. Densité nucléaire : sa valeur ; application

5 - FORCES NUCLEAIRES - CARACTERISTIQUES

6 - STABILITE ET INSTABILITES DES NOYAUX

- * définition d'un noyau stable et d'un noyau instable
- * diagramme de points $Z = f(N)$
- * zone de stabilité

CHAPITRE II : TRANSFORMATION DES NOYAUX INSTABLES

Phénomène de la radioactivité

1 - POSITION DES NOYAUX INSTABLES PAR RAPPORT A LA ZONE DE STABILITE

2 - TRANSFORMATION DES NOYAUX INSTABLES

2.1. Transformations isobariques

- généralités
- 2 principales

2.1.1. Transformation $n \Rightarrow p$

Emission d'un rayonnement β^-

Schéma - Conditions énergétiques - Exemple

2.1.2. Transformation $p \Rightarrow n$

2.1.2.1. Emission d'un rayonnement β^+

Schéma - Conditions énergétiques - Exemple

2.1.2.2. Capture électronique

Schéma. Conditions énergétiques - Exemple

2.1.2.3. Compétition émission β^+

capture électronique

2.2. Transition ou transformation par partition

2.2.1. Coupure du noyau en 2 ou plusieurs morceaux.
Fission spontanée ou provoquée

2.2.2. Perte d'une petite partie de la masse, en particulier



Schéma - conditions énergétiques - exemple

2.3. Transformation isomérique

- Généralités

- 2 types :
 - transition radiative : émission d'un rayonnement gamma
 - conversion interne

3 - CINÉTIQUE DES TRANSFORMATIONS RADIOACTIVES

- 3.1. Constante radioactive λ
- 3.2. Expression du nombre de noyaux en fonction du temps.
Loi
- 3.3. Période d'un radioélément T
- 3.4. Relation entre T et λ
- 3.5. Activité d'une source radioactive
 - unité d'activité
 - activité spécifique
- 3.6. Détermination de T
- 3.7. Radioéléments naturels
Radioéléments artificiels

CHAPITRE III - LES RAYONNEMENTS NUCLEAIRES

1 - GENERALITES

2- RAYONNEMENT α

2.1. Nature et caractéristiques



- * énergie de liaison totale = $B = ?$
- * énergie de liaison par nucléon = $B/A = ?$
- * comparaison avec les énergies de liaison des noyaux voisins
- * conclusions

2.2. Propriétés

2.2.1. Spectre d'énergie : raie(s)

2.2.2. Parcours dans la matière

- * caractéristiques
- * exemples : applications ; conclusions

2.2.3. Ionisation spécifique. Courbe de Bragg

3 - RAYONNEMENT β

3.1. Nature et caractéristiques

charge ; masse ; vitesse

3.2. Propriétés

3.2.1. Spectre d'énergie : continu

- exemple
- interprétation

3.2.2. Interaction avec la matière

3.2.2.1. Pouvoir de pénétration. exemples.
conclusion

3.2.2.2. Trajectoire

3.2.2.3. Perte d'énergie dans la matière

4 - RAYONNEMENT γ

4.1. Nature. Production. Exemple

4.2. Propriétés. Caractéristiques

- * vitesse
- * spectre d'énergie
- * pouvoir ionisant
- * pouvoir de pénétration. Exemples

4.3. Interaction avec la matière

4.3.1. Loi d'absorption totale

4.3.2. Phénomènes responsables

- * effet photoélectrique
- * effet Compton
- * effet de création de paire d'électrons

Importance des trois types d'interaction

CHAPTRE IV - METHODES DE DETECTION ET DE MESURE DE LA RADIOACTIVITE

1 - GENERALITES

2- PRINCIPAUX DETECTEURS OU COMPTEURS

2.1. Détecteurs basés sur l'ionisation d'un gaz

2.1.1. Principe

2.1.2. Dispositif expérimental

2.1.3. Résultats

2.1.4. Interprétations

2.1.5. Principaux types de détecteurs :

- chambre d'ionisation - à courant
- condensateur
- compteur proportionnel
- compteur de Geiger-Muller

2.2. Détecteurs basés sur la fluorescence de certaines substances. Détecteurs à scintillateur solide ou liquide

2.2.1. Principe

2.2.2. Constitution d'un détecteur à scintillations

- les scintillateurs

- * définition
- * remarques importantes
- * principaux scintillateurs
 - solides
 - liquides

- le photomultiplicateur d'électrons

2.3. Détecteurs semi-conducteurs

CHAPITRE V - RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE ET REACTIONS NUCLEAIRES

1 - GENERALITES

- * première réaction nucléaire
- * découverte de la radioactivité artificielle

2 - PRINCIPES GENERAUX

- 2.1. Terminologie
- 2.2. Lois de conservation

3 - PROJECTILES

- * particules chargées
- * particules non chargées

4 - PRINCIPALES REACTIONS UTILISEES

5 - LES RADIOELEMENTS DANS LES SCIENCES DE LA SANTE. LA RADIOPROTECTION

Tableau I

Particules	Masse			Charge
	kg	u.m.a	MeV/c ²	
Proton (p)	1,67263.10 ⁻²⁷	1,00728	938,275	+ (charge élémentaire)
Neutron (n)	1,67493.10 ⁻²⁷	1,00867	939,569	0
n - p	0,00230.10 ⁻²⁷	0,00139	1,290	
Electron (e)	9,1094.10 ⁻³¹	0,00055	0,511	- (charge élémentaire)

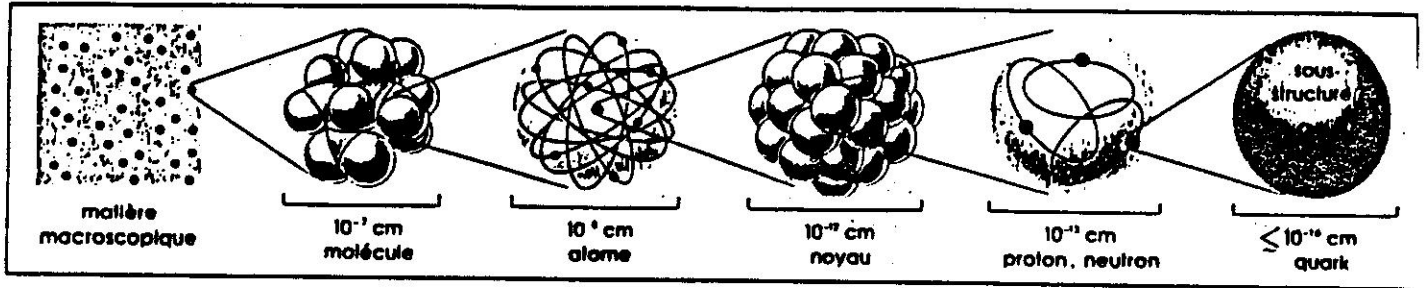
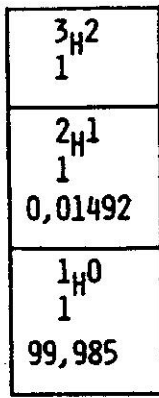


Figure 1

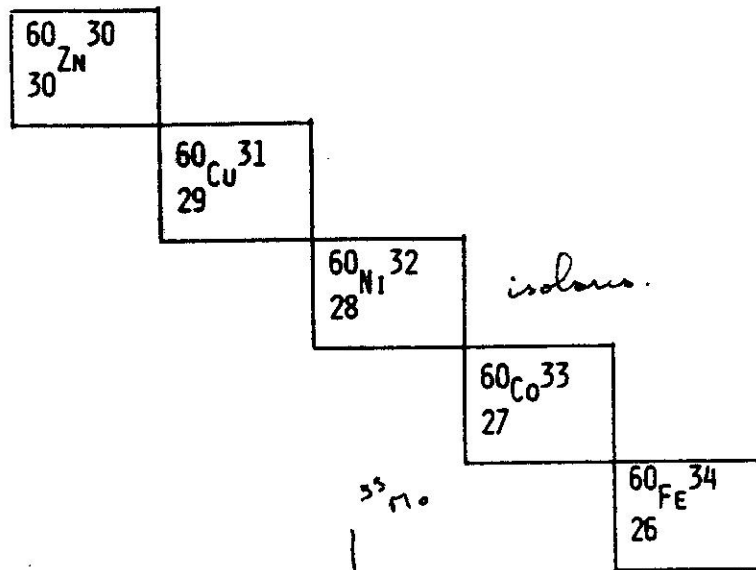


isotopes

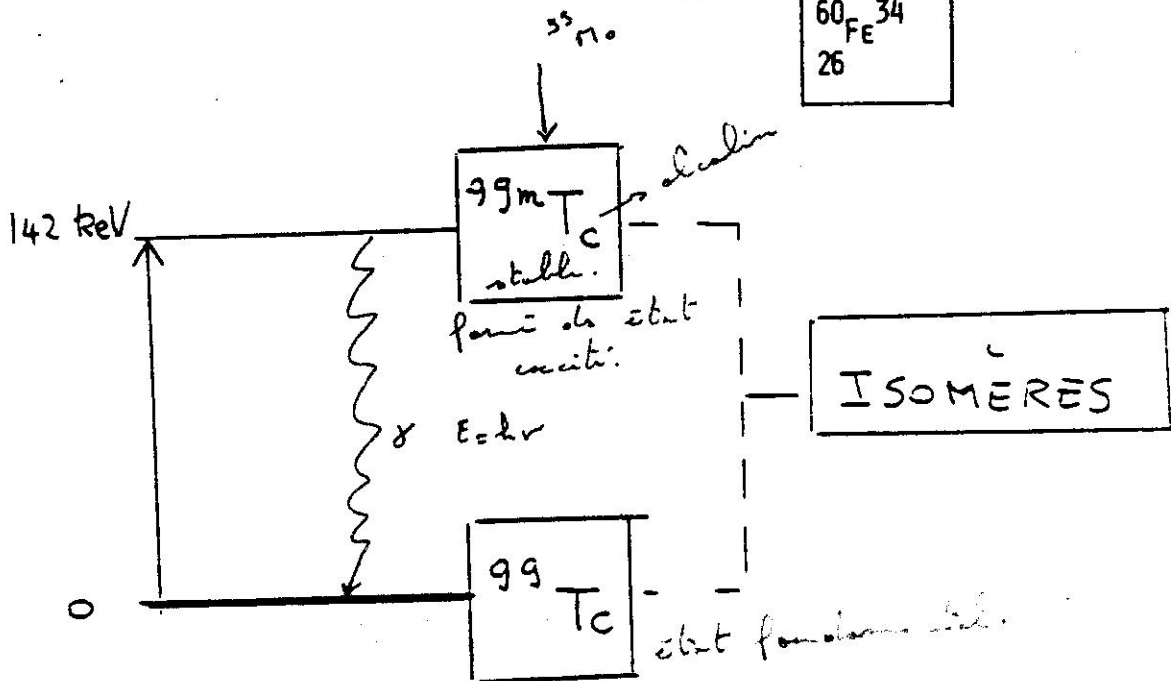
Z = 1

${}^{24}_{10}\text{Ne}^{14}$	${}^{25}_{11}\text{Na}^{14}$	${}^{26}_{12}\text{Mg}^{14}$	${}^{27}_{13}\text{Al}^{14}$	${}^{28}_{14}\text{Si}^{14}$	${}^{29}_{15}\text{P}^{14}$	${}^{30}_{16}\text{S}^{14}$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

isotones



isotones.



Z = 43

A = 99

FIGURE 3

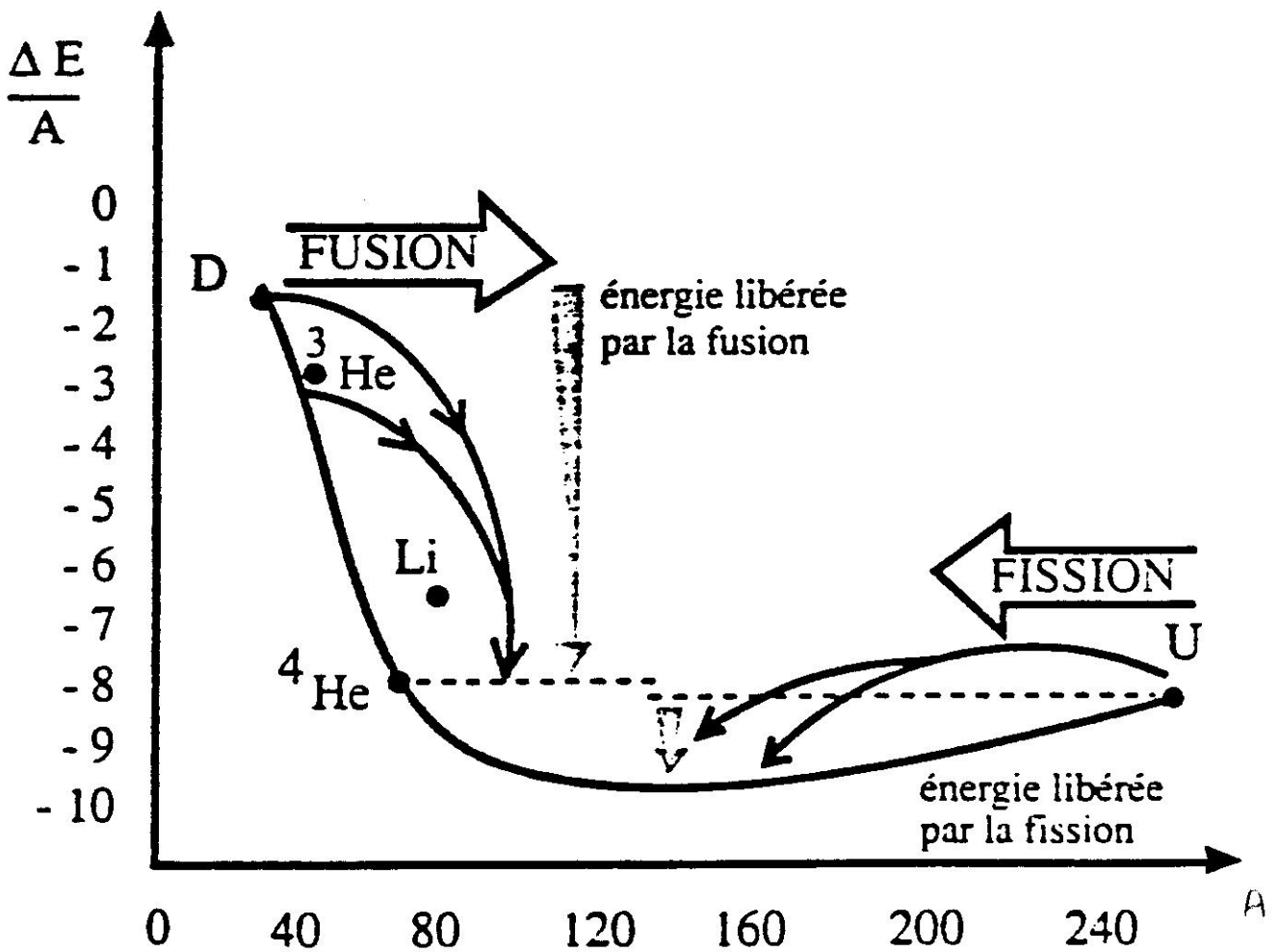
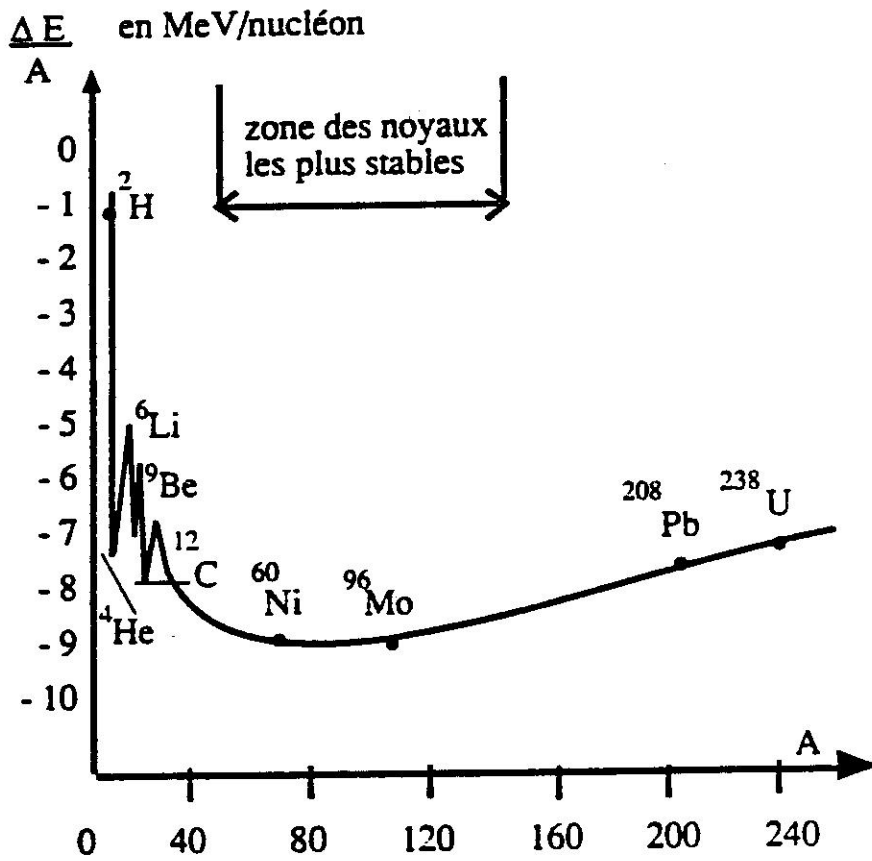


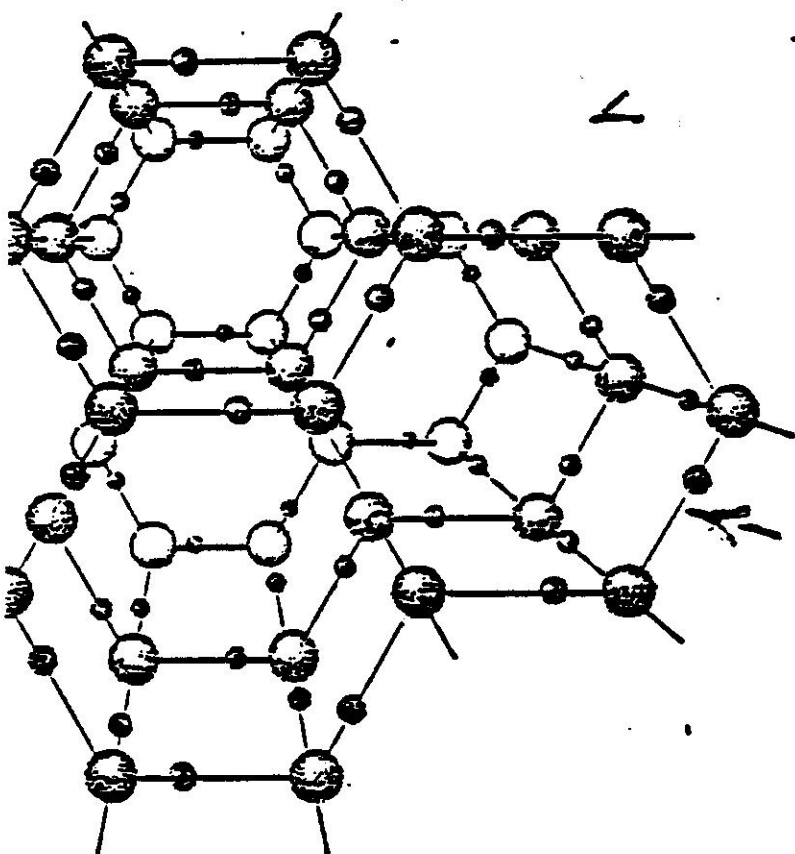
Figure 4

Matière Atomique

$$\rho \approx 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

eV.



Matière Nucléaire

$$\rho \approx 200 \cdot 10^9 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\rho = 200 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^3$$

MeV.

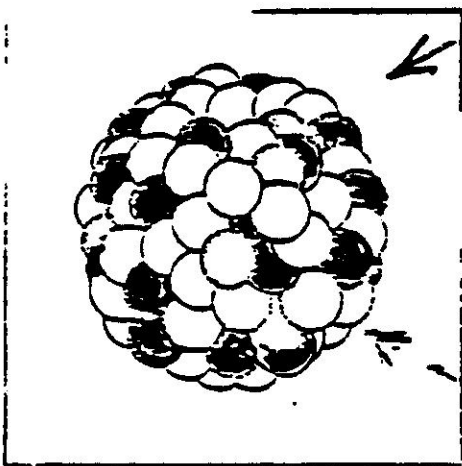


Figure 5

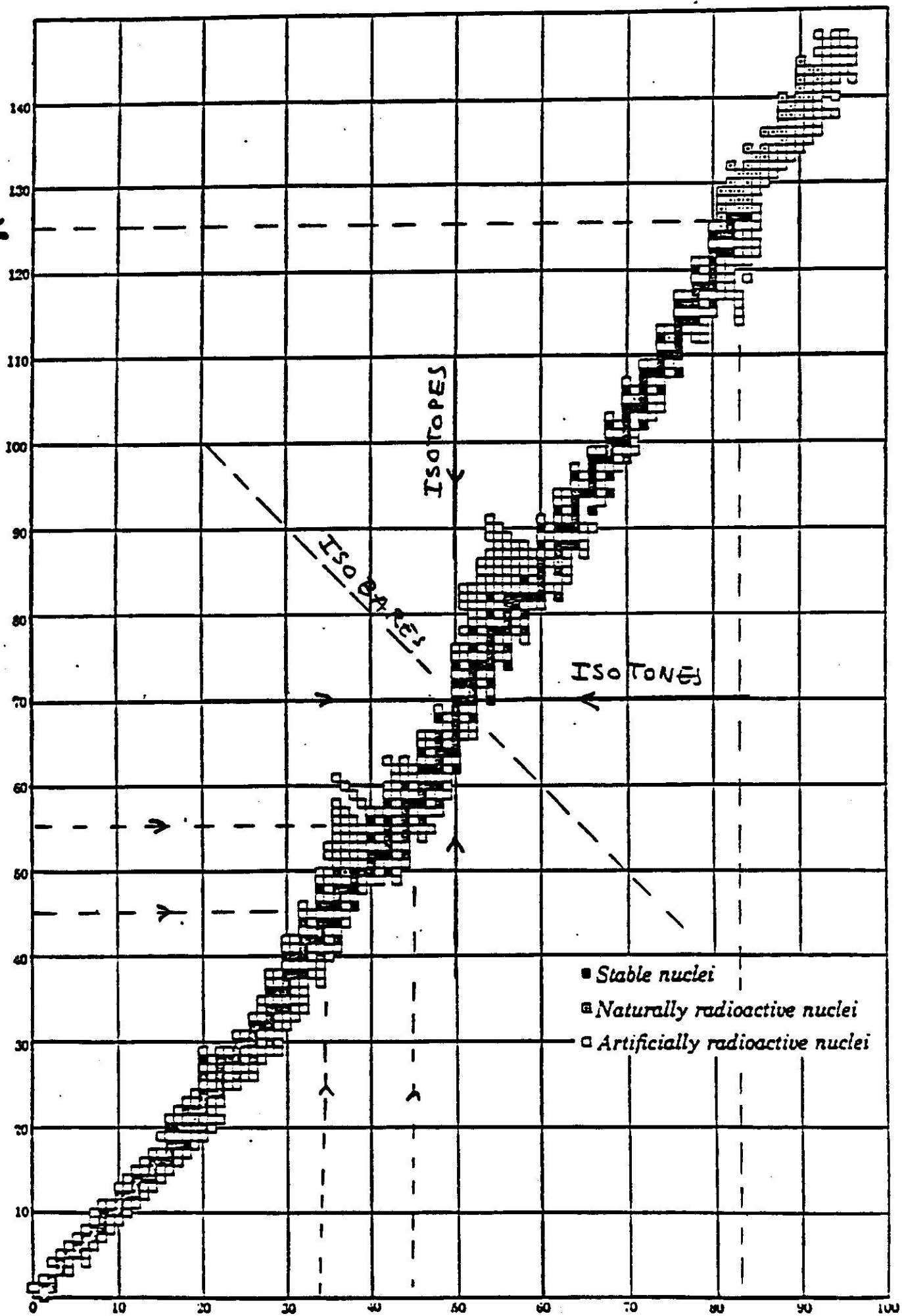


Figure 6

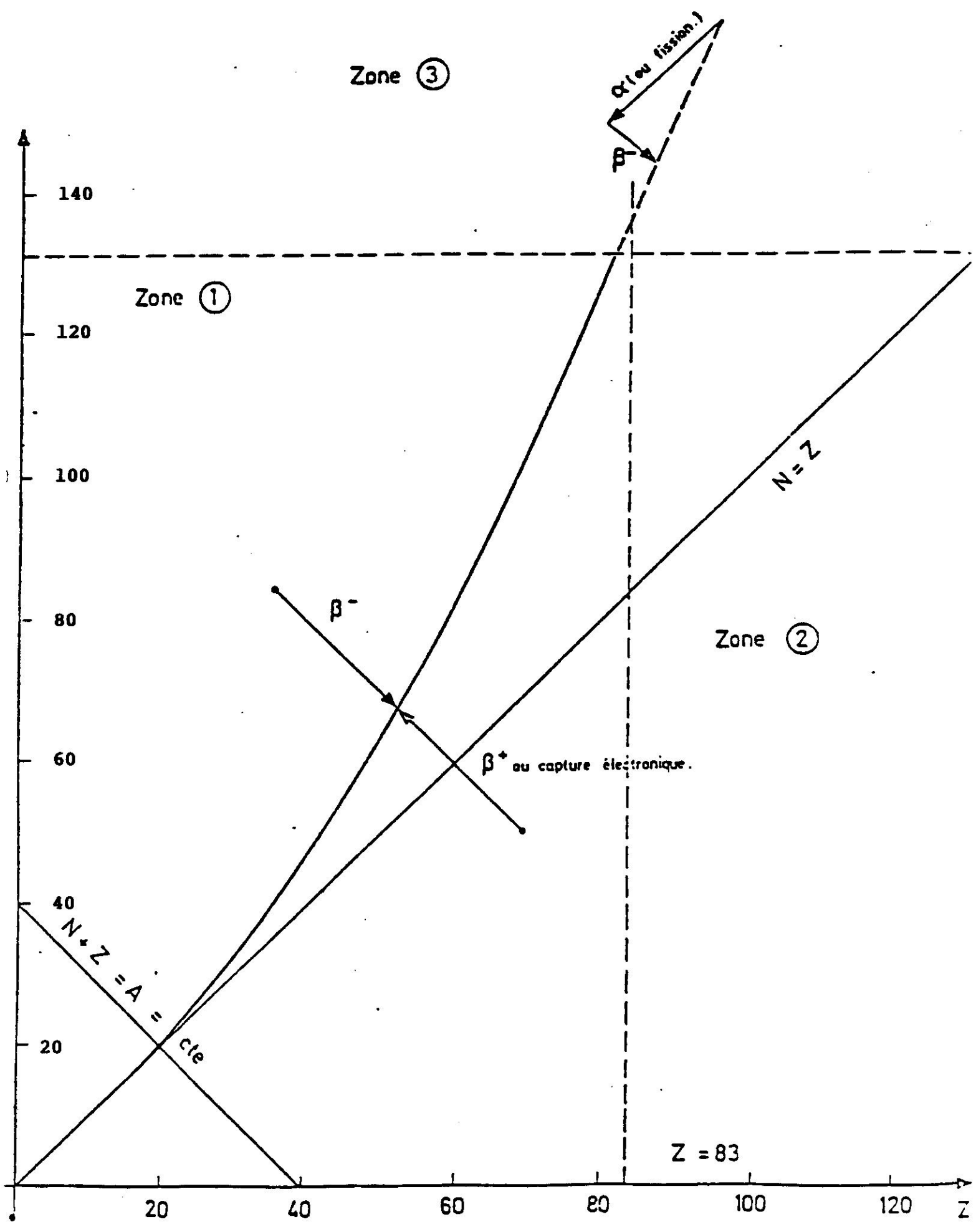


Figure 7

DETECTION DES RAYONNEMENTS

Schéma de principe

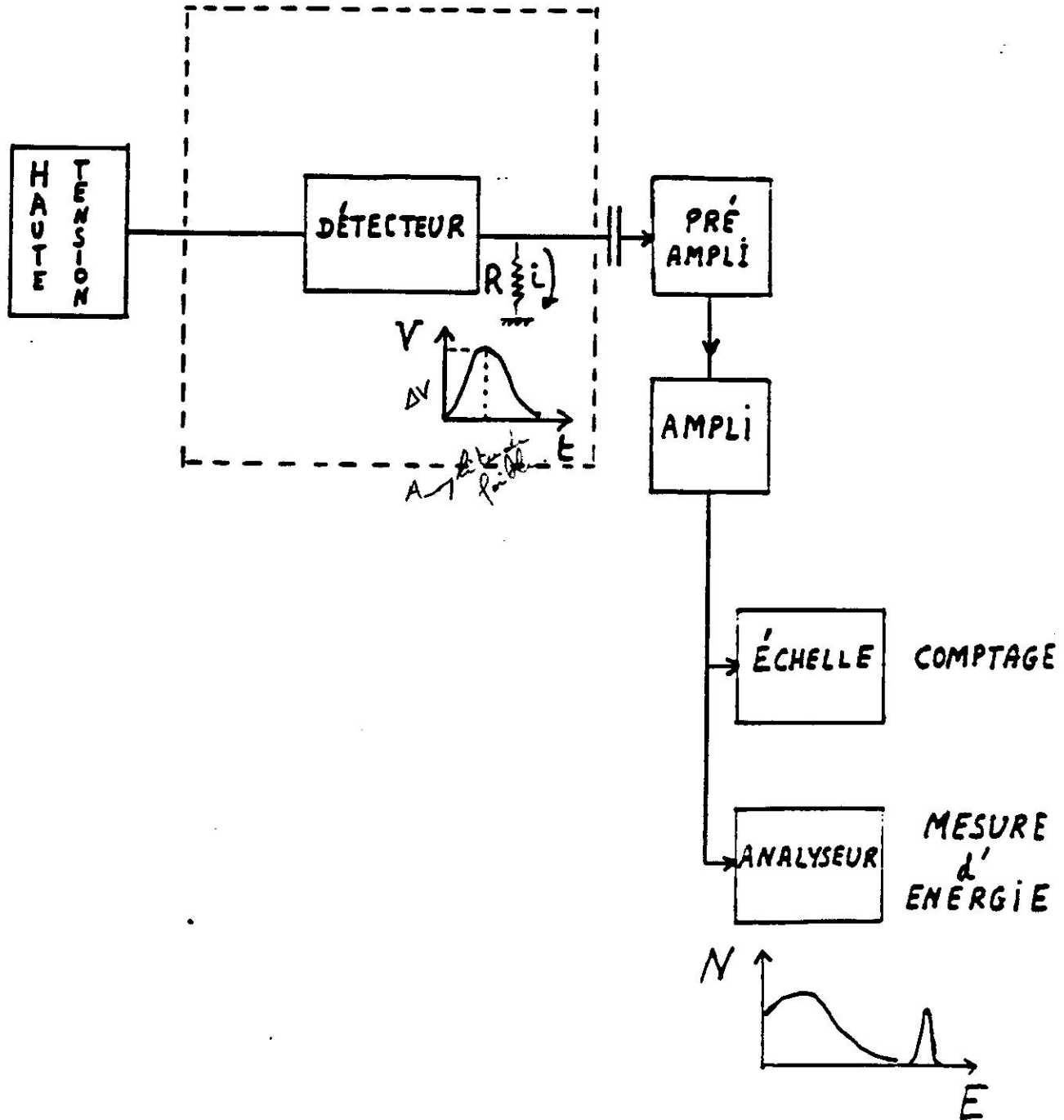
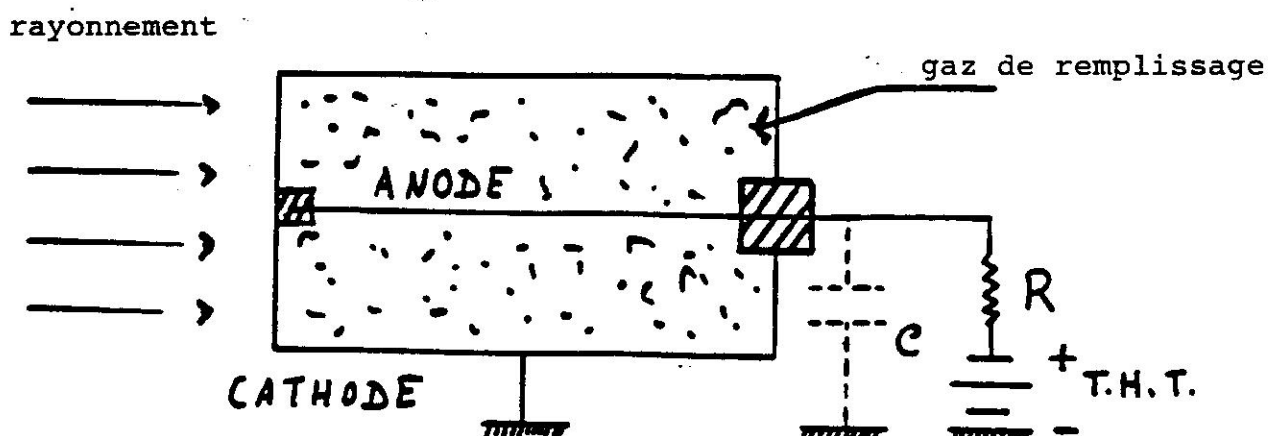
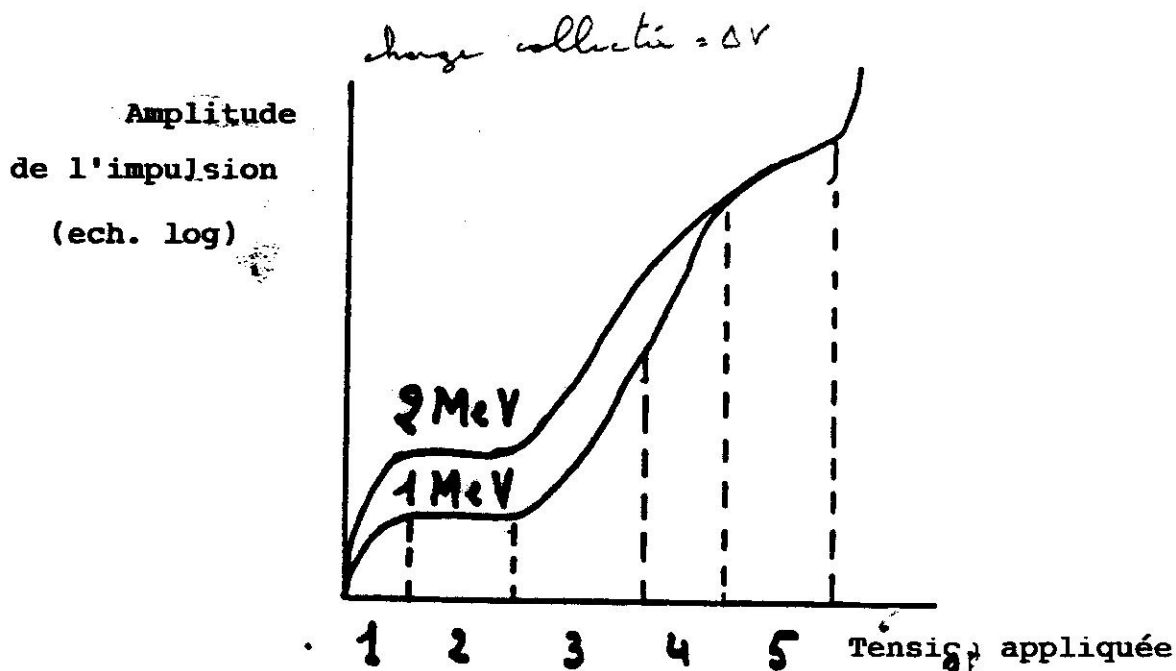


Figure 9

Détecteurs utilisant l'ionisation des gaz

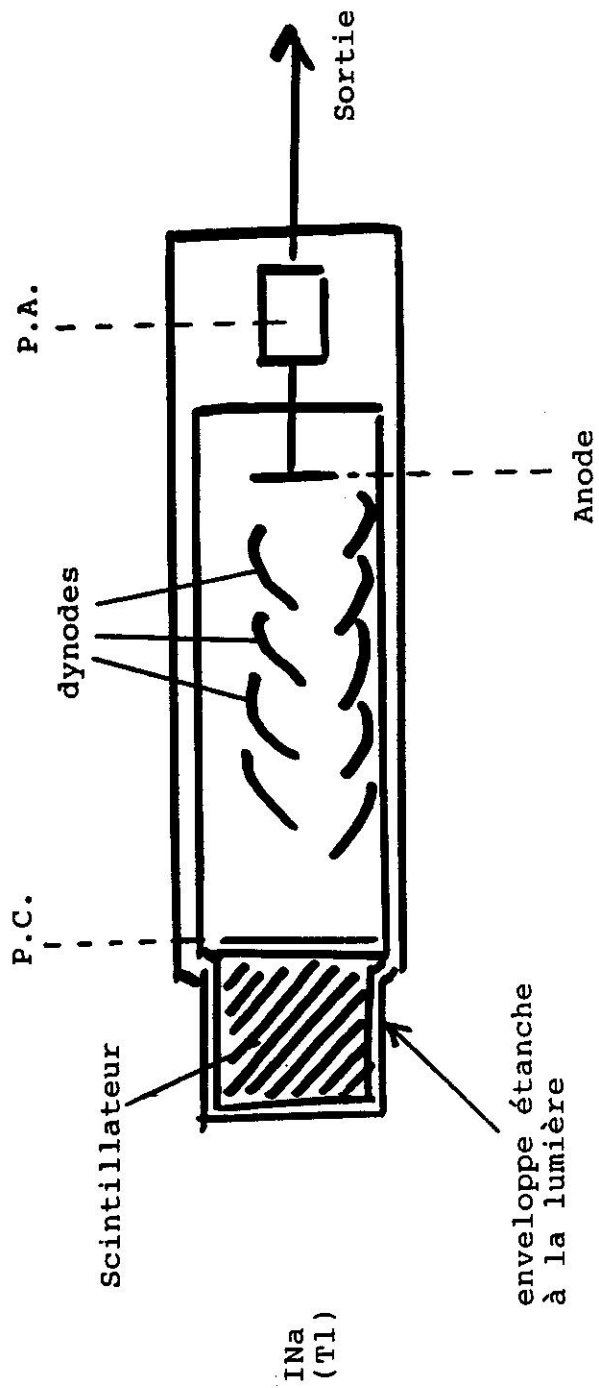


Classes de fonctionnement



- 1 Recombinaison
- 2 Collection des charges : chambre d'ionisation
- 3 Multiplication : compteur proportionnel
- 4 Proportionnalité limitée
- 5 Avalanche : compteur Geiger
- 6 Décharge continue.

Figure 10



Détecteur à scintillateur solide INa(Tl)

Figure 11

CHAPITRE I - DIPOLE ELECTROSTATIQUE

I. Définitions

- d'un dipole

- du moment dipolaire électrique d'un dipole

II. Champ et potentiel au voisinage du dipole

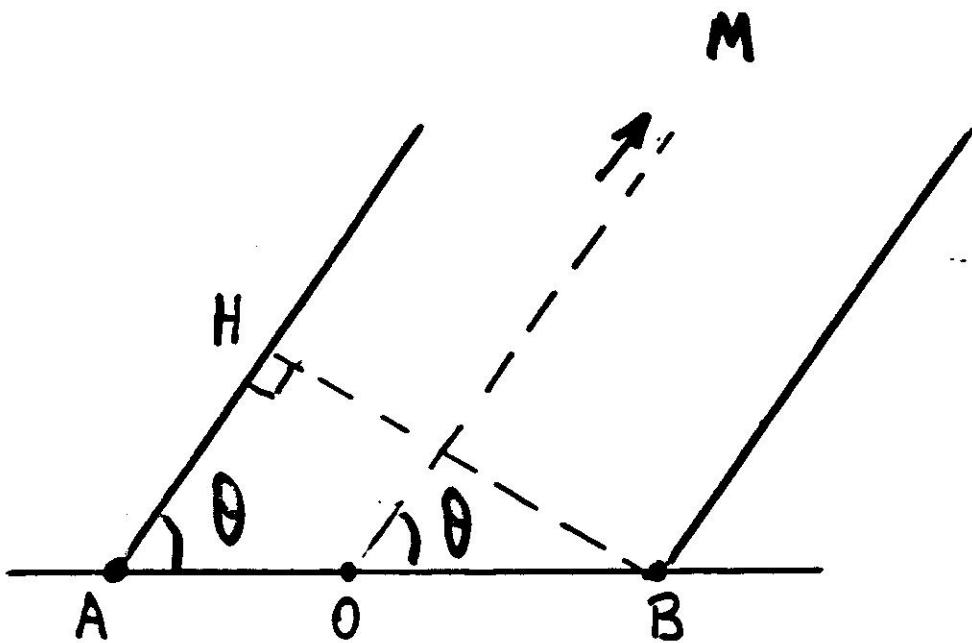
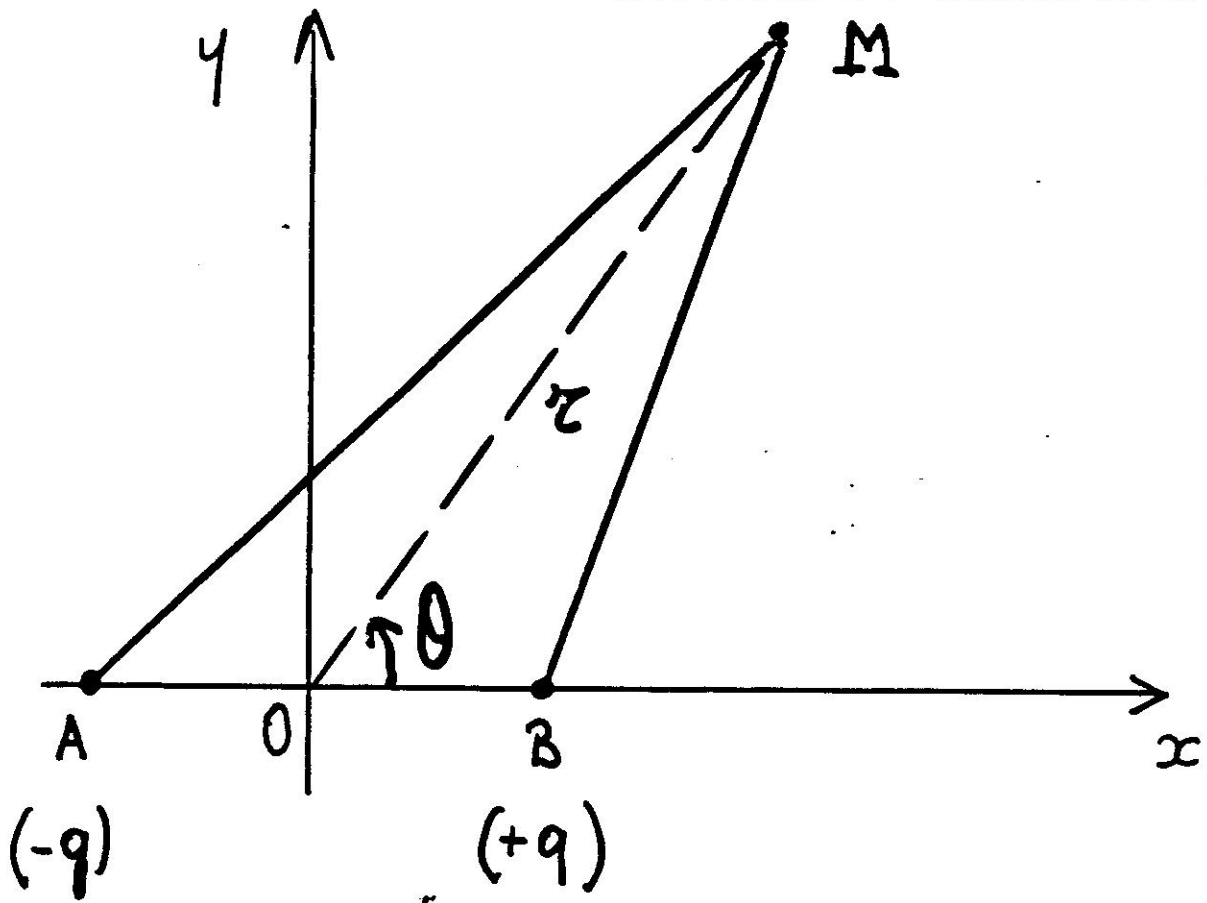
Calculs. Formules

III. Action d'un champ électrique sur un dipole

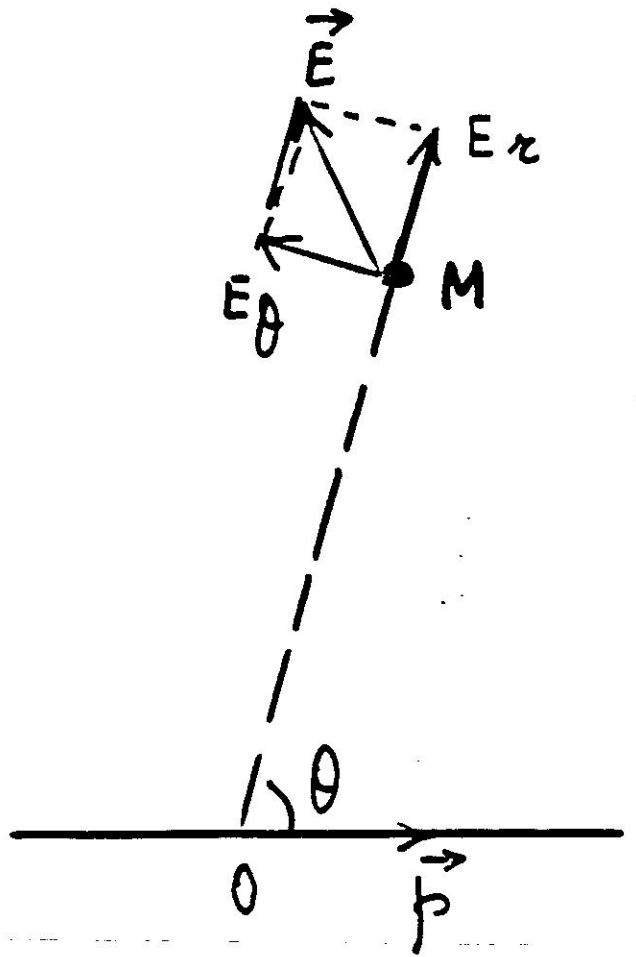
Apparition d'un couple

IV. Polarisation des atomes et molécules

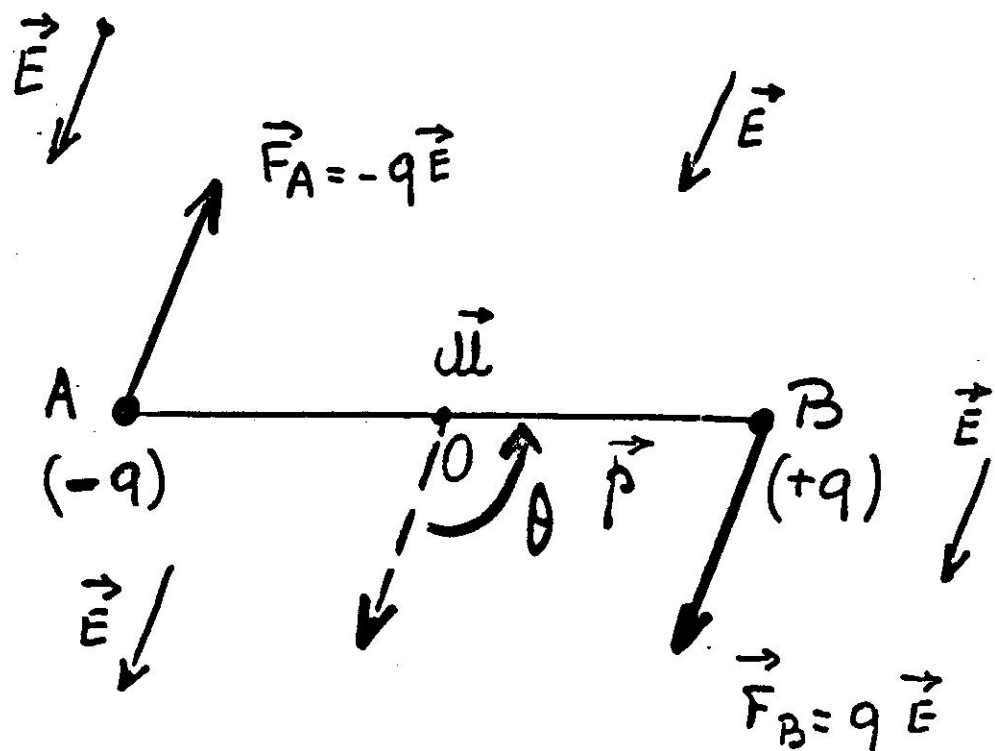
dipole permanent. dipole induit. molécules polaires.
molécules apolaires

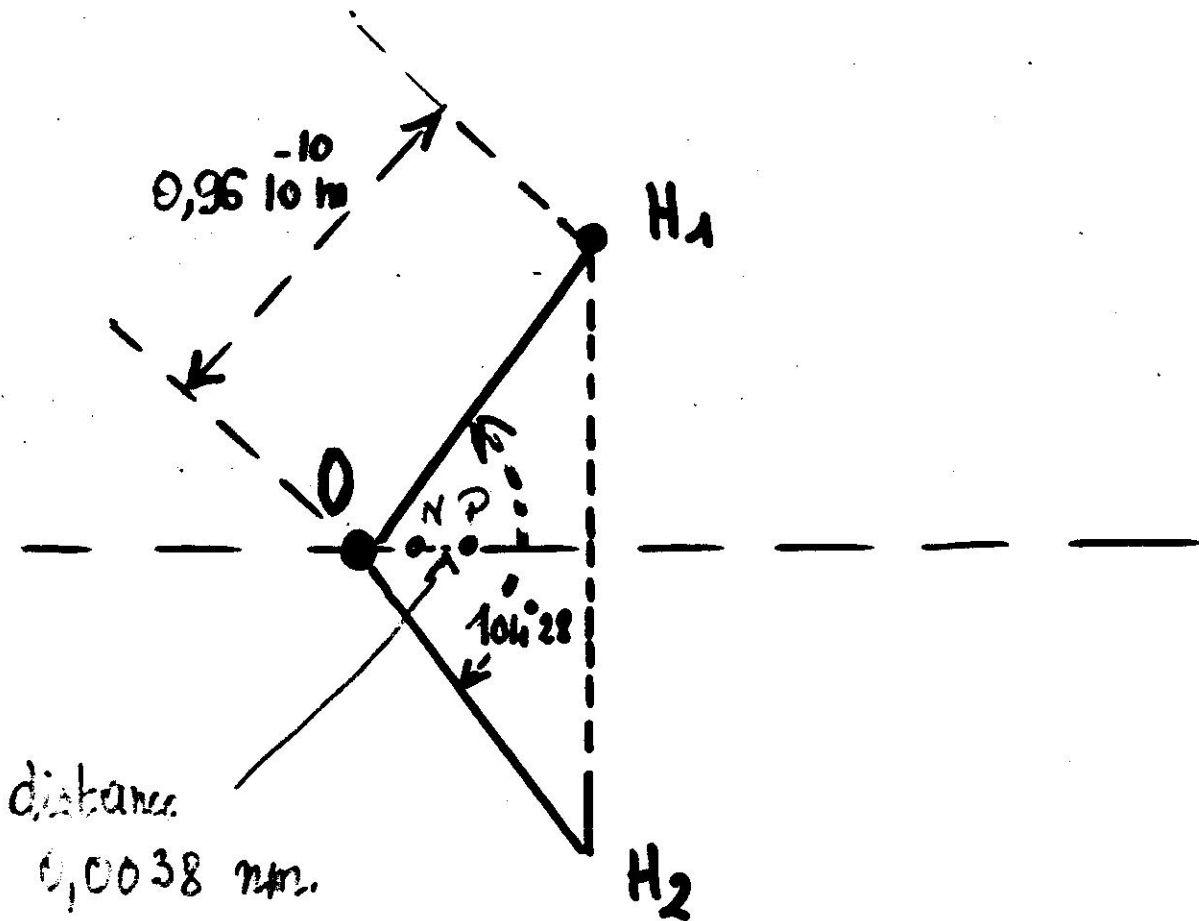


$$\left. \begin{array}{l}
 M_A - M_B \approx l \cos \theta \\
 \text{et } M_A \cdot M_B \approx M_O^2 = z^2
 \end{array} \right\} V_{(M)} =$$



Action d'un champ électrique sur un dipôle





CHAPITRE II - COURANT ELECTRIQUE

I. Généralités

- . notion de courant électrique. sens du courant. générateur électrique
- . généralisation

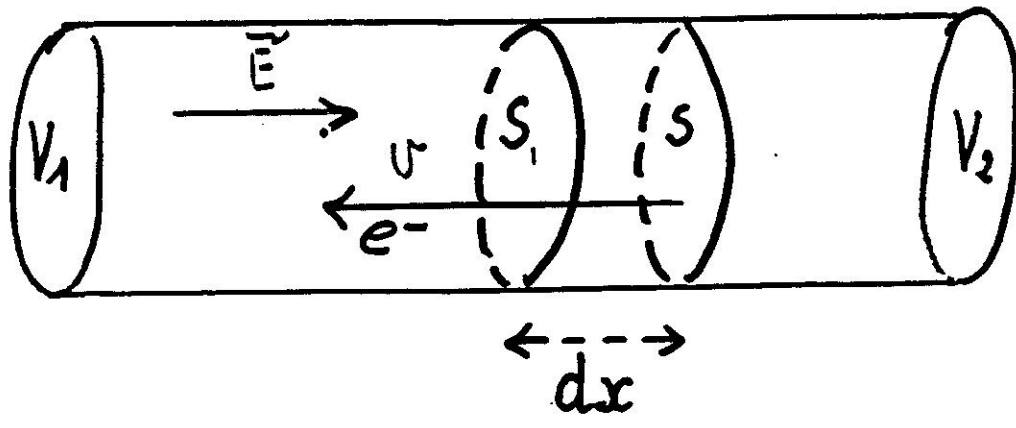
II. Vitesse de déplacement des porteurs de charge. Vitesse limite Mobilité

III. Intensité d'un courant

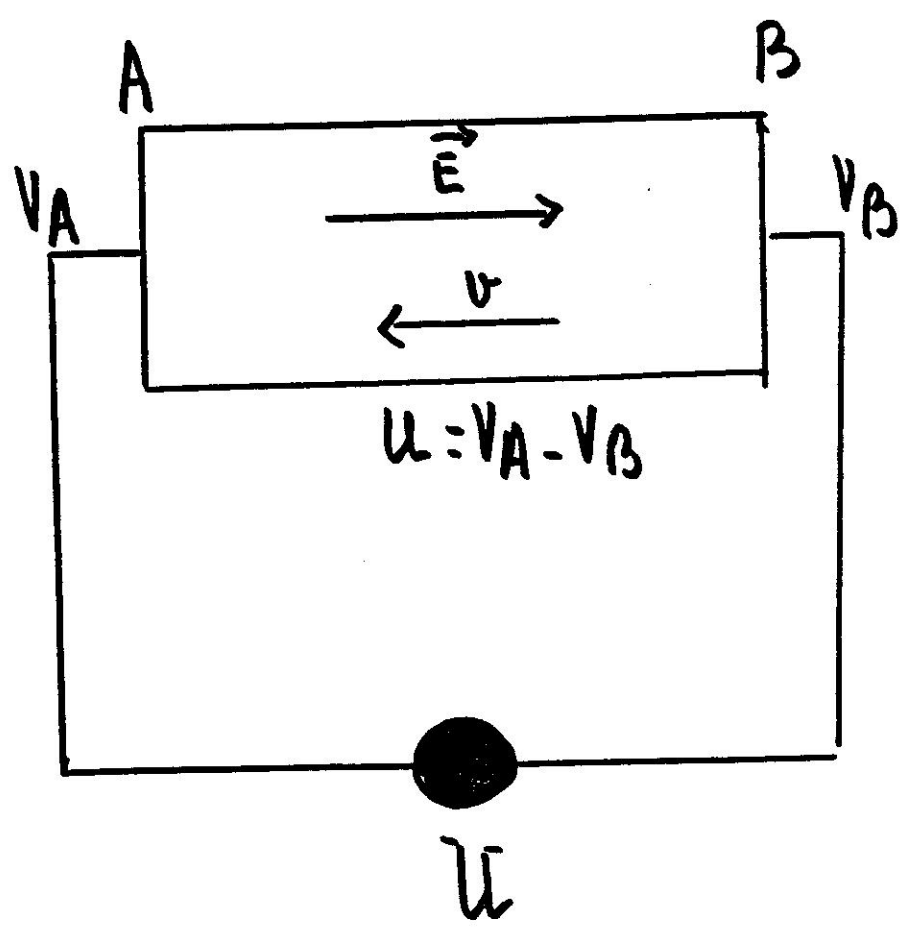
IV. Loi d'Ohm

- . expression
- . notion de résistivité
- . notion de conductivité

V. Généralisation



$$V_1 > V_2$$



alternatif

DC

CHAPITRE III - COURANT DANS LES SOLIDES

I. Généralités

Conducteurs. Isolants. Semi-conducteurs

II. Les électrons dans les cristaux

II.1. Electrons d'un atome

II.2. Electrons de n atomes identiques

II.2.1. très éloignés les uns des autres

II.2.2. formant un arrangement périodique c'est-à-dire un cristal. Notion de bandes d'énergie (bandes permises). Notion de bandes interdites

III. Occupation des bandes d'énergie d'un solide

III.1. Probabilité pour qu'un électron occupe un état d'énergie donné. Statistique dite de FERMI-DIRAC. Calcul. Résultats

III.2. Position du niveau de FERMI

-plusieurs cas qui conduisent aux solides conducteurs ainsi qu'aux solides isolants

III.3. Passage du courant dans le cristal

III.4. Semi-conducteurs

III.4.1. S.C. intrinsèques
Caractéristiques. Figure. Résultats

III.4.2. S.C. extrinsèques
- S.C. de type n
- S.C. de type p

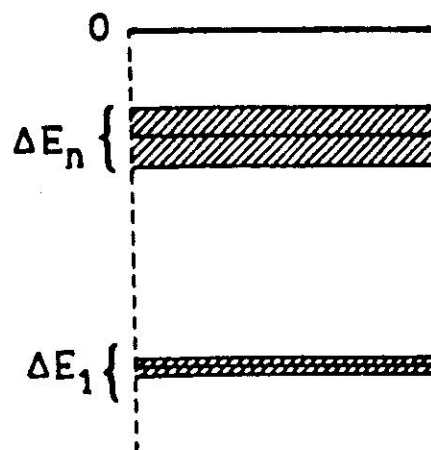
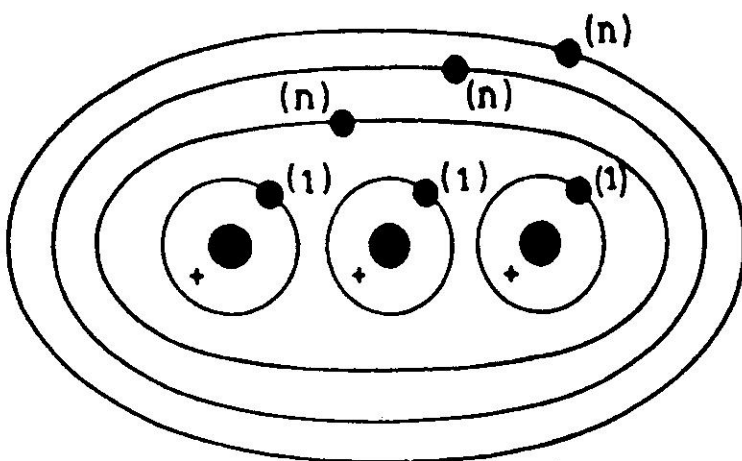
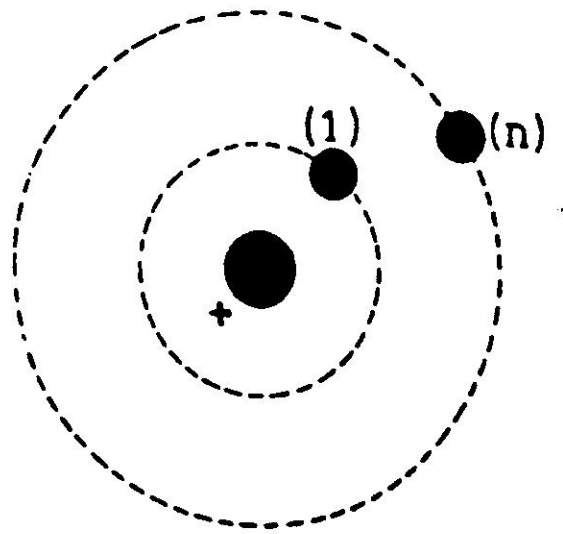
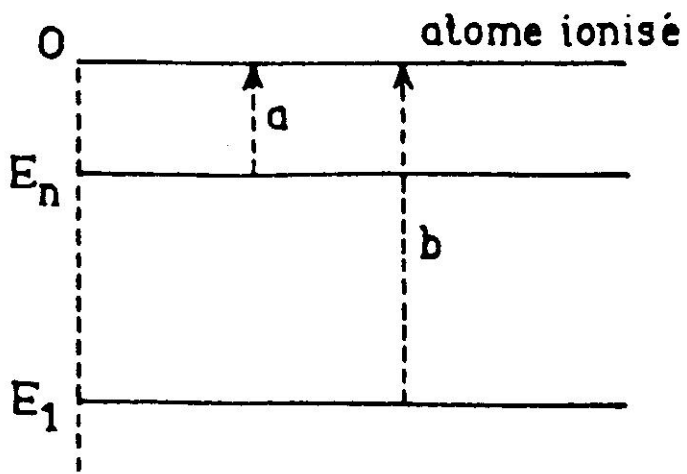
III.4.3. Applications des semi-conducteurs

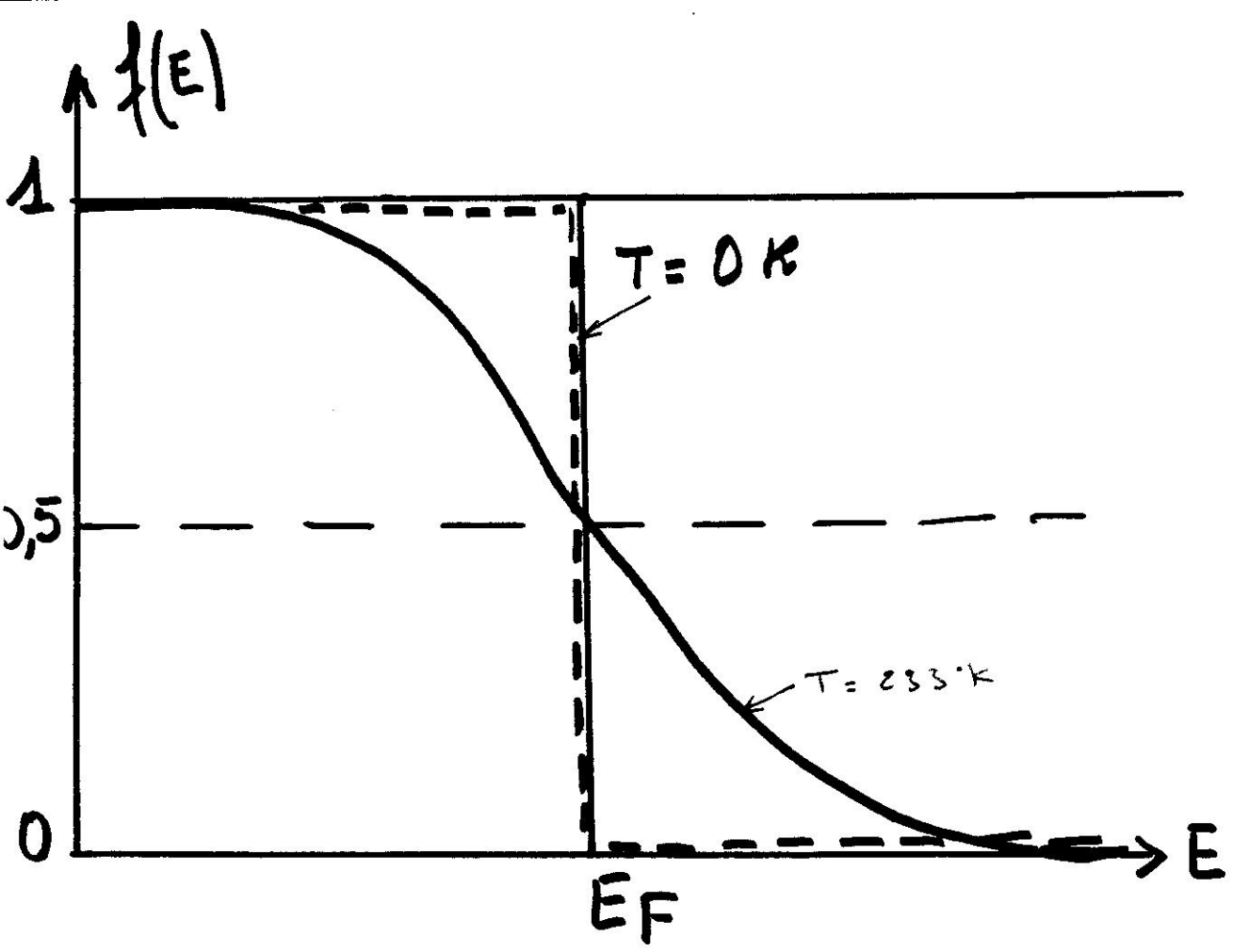
III.4.3.1. Diode à jonction
- diode ouverte
- diode fermée

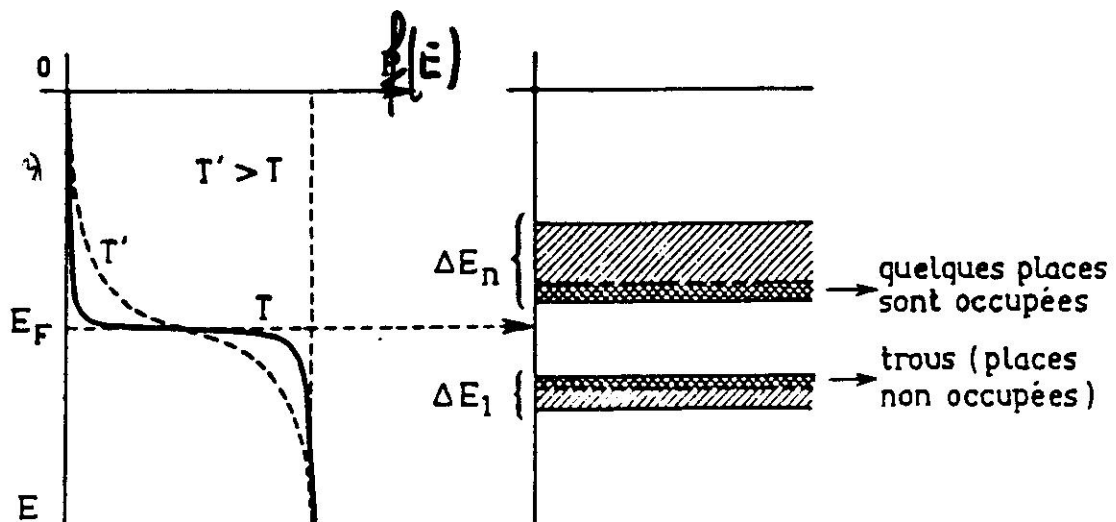
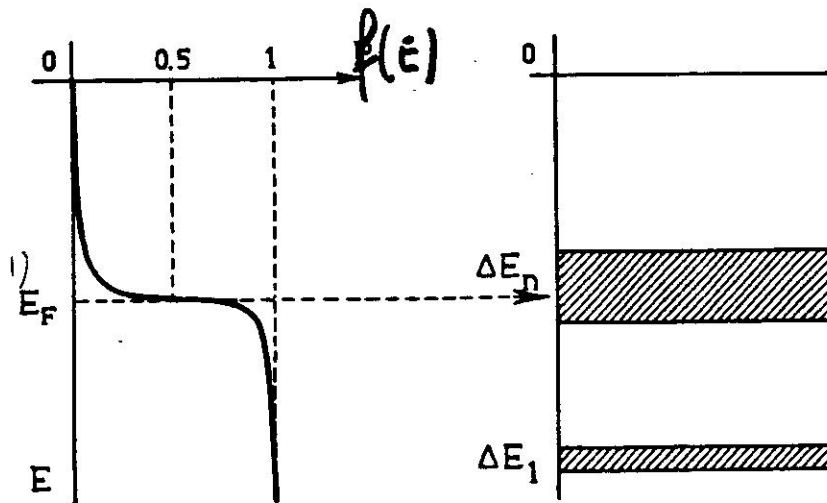
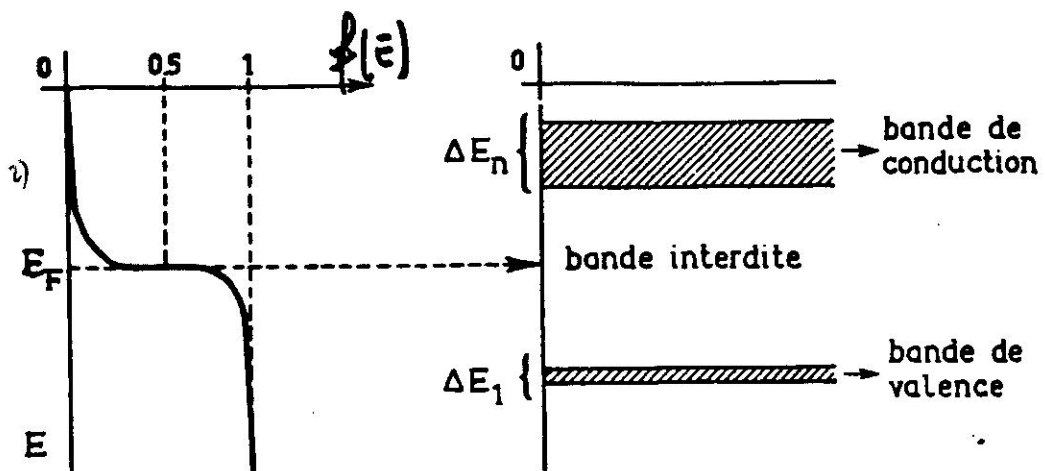
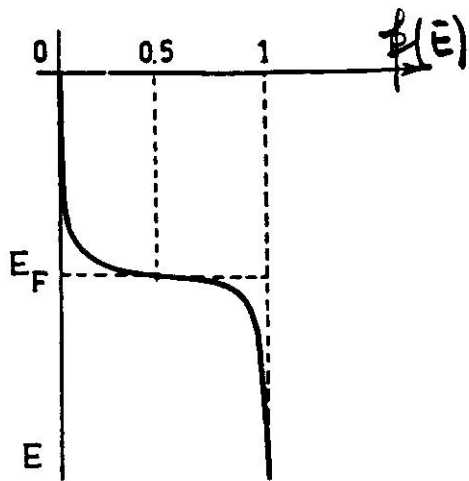
III.4.3.2. Transistor
Mécanismes

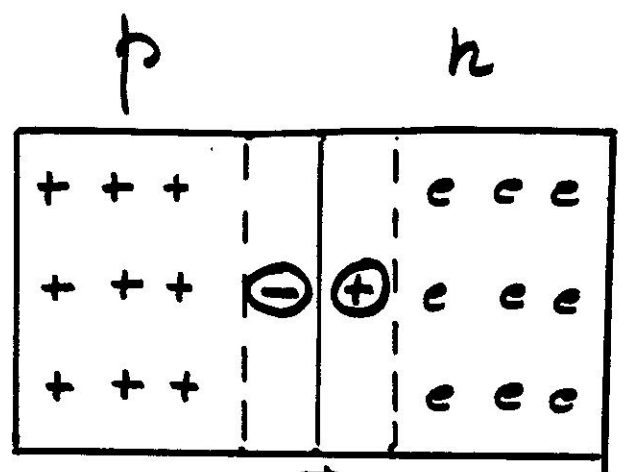
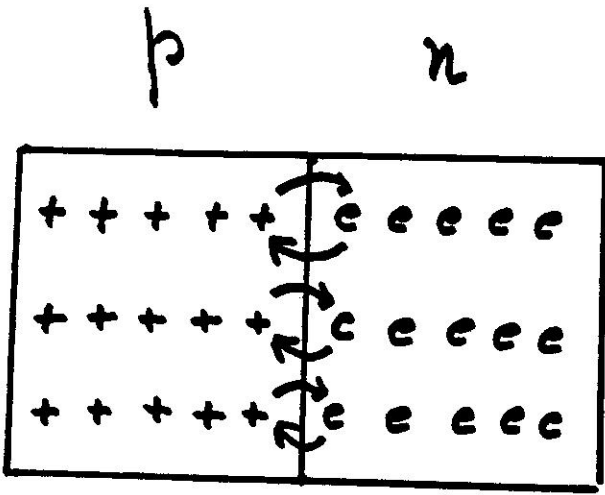
III.4.3.3. Autres applications

III.4.3.4. Détecteurs des rayons X et γ
- Schéma de principe. Fonctionnement
- Applications
- Intérêts par rapport aux autres détecteurs





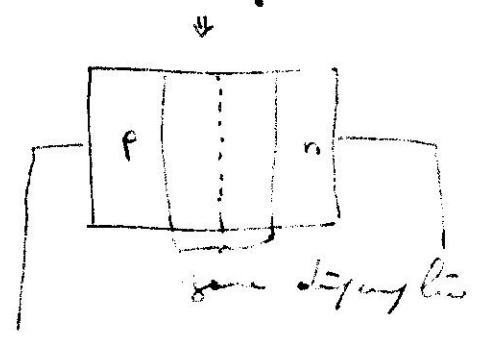
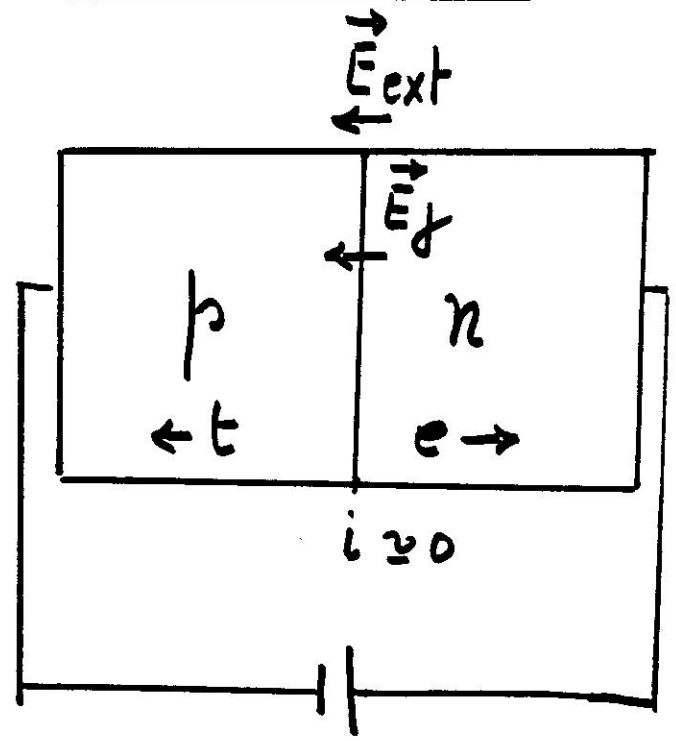
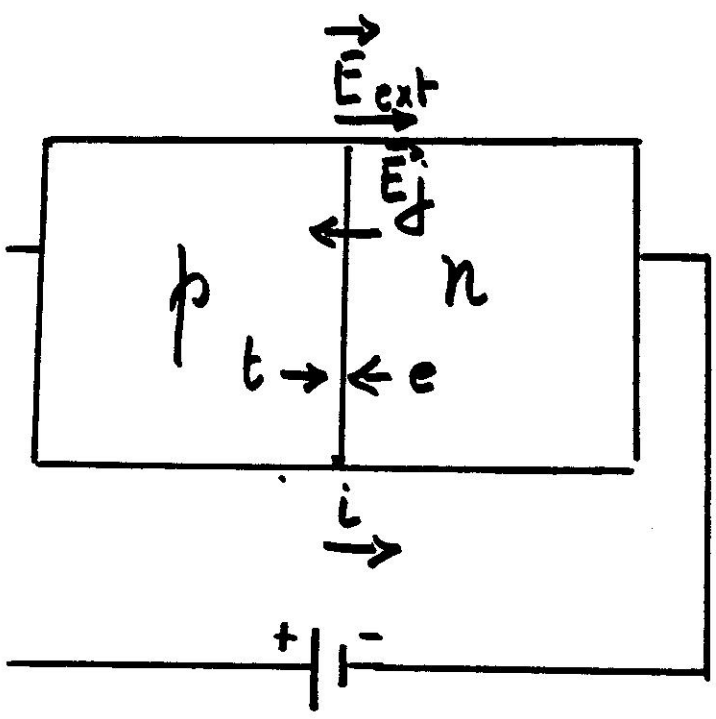




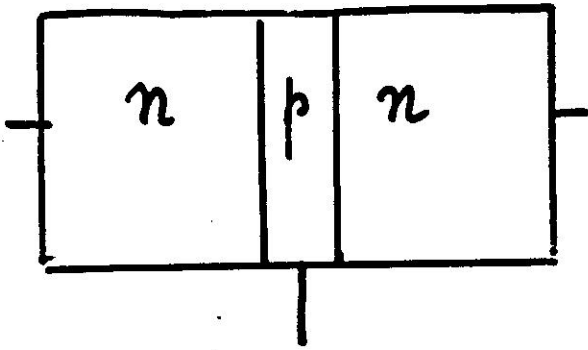
\vec{E}_d

Polarisation directe

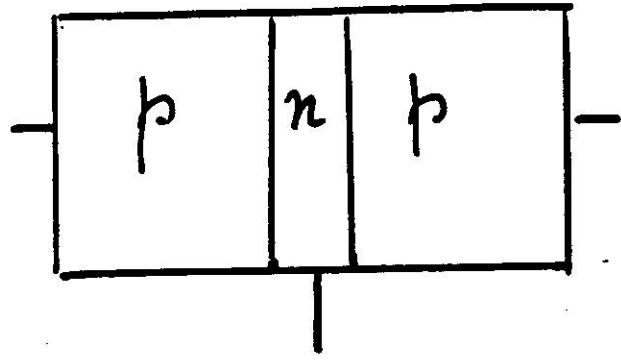
Polarisation inverse



TRANSISTOR



(n-p-n)

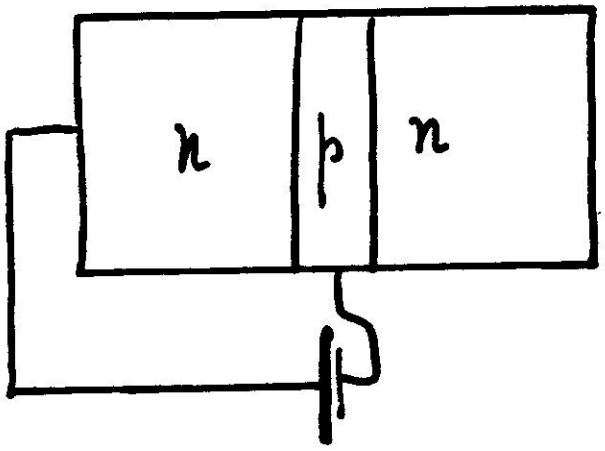


(p-n-p)

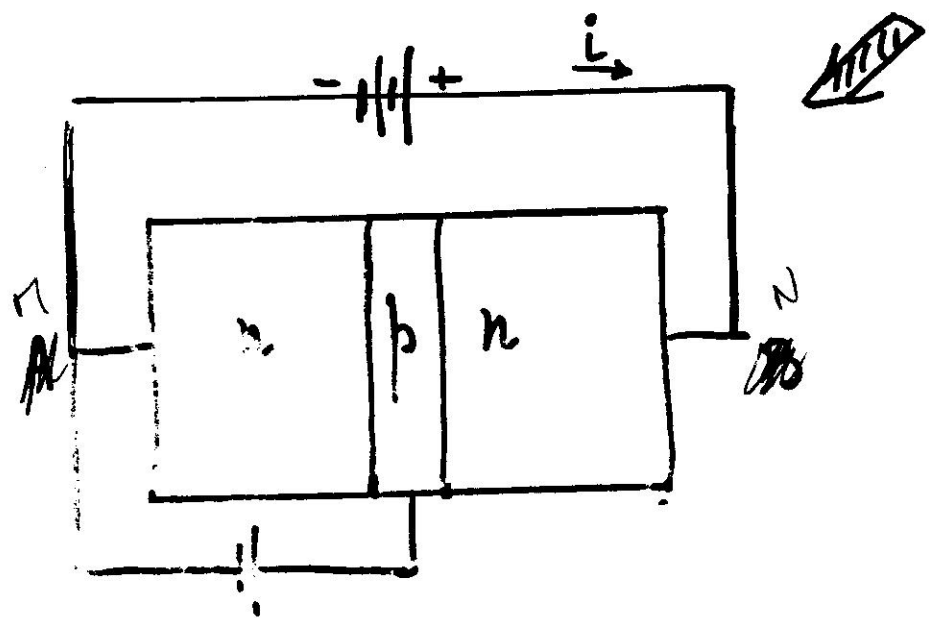
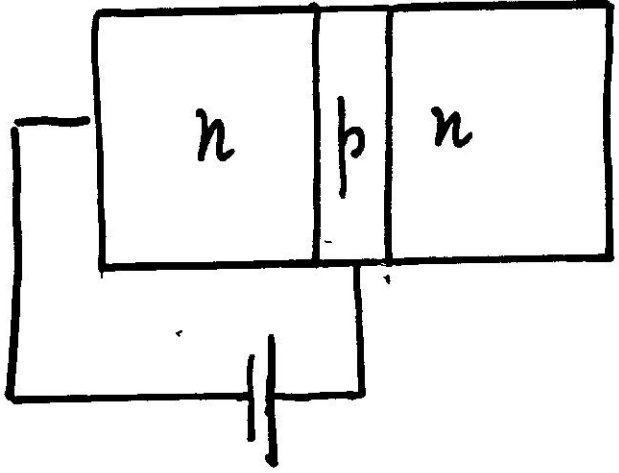
p représente la base B
 les 2 aut. régions repr. l'émetteur E
 le collecteur C



Ⓐ



Ⓑ



CHAPITRE IV - COURANT DANS LES ELECTROLYTES

1 - Généralités. Courant dans les liquides

2 - Notions de résistance, résistivité et conductivité des électrolytes

3 - Applications