

Céramiques

Introduction :

Les premières céramiques employées étaient les silicates. Elles étaient utilisées pour les poteries émaillées.

Les céramiques sont élaborés à partir des oxydes purs, les carbures, les borures, les nitrures, les silicates, les ~~sulf~~ sulfures, - - - - -

Quelques exemple de matériaux céramiques techniques ?

- L'alumine Al_2O_3
- le nitrure de silicium Si_3N_4
- la zirconone ZrO_2
- le nitrure d'aluminium AlN
- L'oxyde de Magnésium MgO
- le carbure de silicium SiC

Le choix du matériau et sa conception (grés) dépendent des propriétés thermiques, mécaniques et électrique requises (selon) pour l'application à laquelle la céramique est destinée.

- ①: du point de vue T° que c-a-d quel T° ?
- ②: on parle de résistance
- ③: ~~conducteur~~ ne conduit pas isolateur d'ic

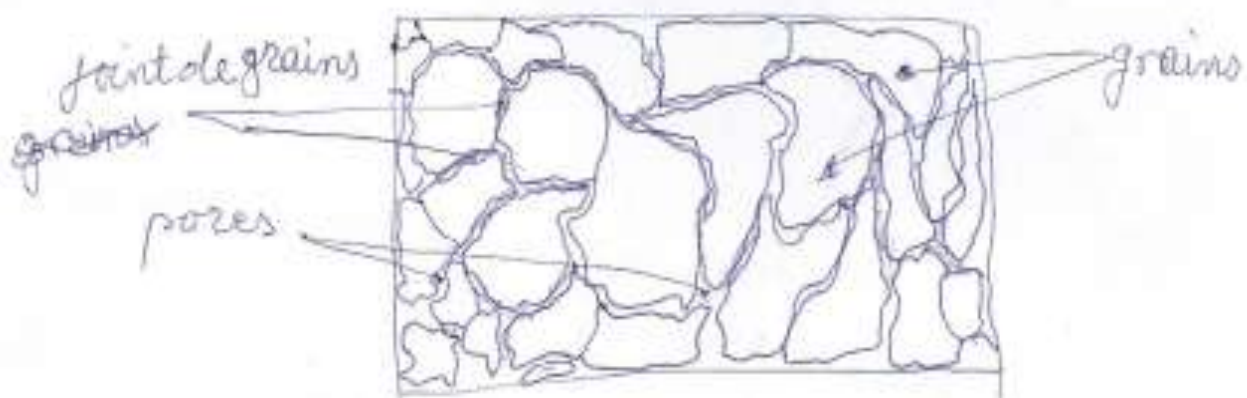
~~Introduction~~ Céramiques

Définition
le terme céramique sont des objets rustiques
comme les briques, les argiles et les tuiles...
mais il signifie un solide qui n'est ~~pas~~ un métal
~~ou~~ ni une polymère.

une céramique est un matériau solide de synthèse
qui nécessite des traitements thermiques ~~à partir~~
~~de poudres consolidées~~ (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z) (aa) (ab) (ac) (ad) (ae) (af) (ag) (ah) (ai) (aj) (ak) (al) (am) (an) (ao) (ap) (aq) (ar) (as) (at) (au) (av) (aw) (ax) (ay) (az) (ba) (bb) (bc) (bd) (be) (bf) (bg) (bh) (bi) (bj) (bk) (bl) (bm) (bn) (bo) (bp) (bq) (br) (bs) (bt) (bu) (bv) (bw) (bx) (by) (bz) (ca) (cb) (cc) (cd) (ce) (cf) (cg) (ch) (ci) (cj) (ck) (cl) (cm) (cn) (co) (cp) (cq) (cr) (cs) (ct) (cu) (cv) (cw) (cx) (cy) (cz) (da) (db) (dc) (dd) (de) (df) (dg) (dh) (di) (dj) (dk) (dl) (dm) (dn) (do) (dp) (dq) (dr) (ds) (dt) (du) (dv) (dw) (dx) (dy) (dz) (ea) (eb) (ec) (ed) (ee) (ef) (eg) (eh) (ei) (ej) (ek) (el) (em) (en) (eo) (ep) (eq) (er) (es) (et) (eu) (ev) (ew) (ex) (ey) (ez) (fa) (fb) (fc) (fd) (fe) (ff) (fg) (fh) (fi) (fj) (fk) (fl) (fm) (fn) (fo) (fp) (fq) (fr) (fs) (ft) (fu) (fv) (fw) (fx) (fy) (fz) (ga) (gb) (gc) (gd) (ge) (gf) (gg) (gh) (gi) (gj) (gk) (gl) (gm) (gn) (go) (gp) (gq) (gr) (gs) (gt) (gu) (gv) (gw) (gx) (gy) (gz) (ha) (hb) (hc) (hd) (he) (hf) (hg) (hh) (hi) (hj) (hk) (hl) (hm) (hn) (ho) (hp) (hq) (hr) (hs) (ht) (hu) (hv) (hw) (hx) (hy) (hz) (ia) (ib) (ic) (id) (ie) (if) (ig) (ih) (ii) (ij) (ik) (il) (im) (in) (io) (ip) (iq) (ir) (is) (it) (iu) (iv) (iw) (ix) (iy) (iz) (ja) (jb) (jc) (jd) (je) (jf) (jg) (jh) (ji) (jj) (jk) (jl) (jm) (jn) (jo) (jp) (jq) (jr) (js) (jt) (ju) (jv) (jw) (jx) (jy) (jz) (ka) (kb) (kc) (kd) (ke) (kf) (kg) (kh) (ki) (kj) (kk) (kl) (km) (kn) (ko) (kp) (kq) (kr) (ks) (kt) (ku) (kv) (kw) (kx) (ky) (kz) (la) (lb) (lc) (ld) (le) (lf) (lg) (lh) (li) (lj) (lk) (ll) (lm) (ln) (lo) (lp) (lq) (lr) (ls) (lt) (lu) (lv) (lw) (lx) (ly) (lz) (ma) (mb) (mc) (md) (me) (mf) (mg) (mh) (mi) (mj) (mk) (ml) (mm) (mn) (mo) (mp) (mq) (mr) (ms) (mt) (mu) (mv) (mw) (mx) (my) (mz) (na) (nb) (nc) (nd) (ne) (nf) (ng) (nh) (ni) (nj) (nk) (nl) (nm) (nn) (no) (np) (nq) (nr) (ns) (nt) (nu) (nv) (nw) (nx) (ny) (nz) (oa) (ob) (oc) (od) (oe) (of) (og) (oh) (oi) (oj) (ok) (ol) (om) (on) (oo) (op) (oq) (or) (os) (ot) (ou) (ov) (ow) (ox) (oy) (oz) (pa) (pb) (pc) (pd) (pe) (pf) (pg) (ph) (pi) (pj) (pk) (pl) (pm) (pn) (po) (pp) (pq) (pr) (ps) (pt) (pu) (pv) (pw) (px) (py) (pz) (qa) (qb) (qc) (qd) (qe) (qf) (qg) (qh) (qi) (qj) (qk) (ql) (qm) (qn) (qo) (qp) (qq) (qr) (qs) (qt) (qu) (qv) (qw) (qx) (qy) (qz) (ra) (rb) (rc) (rd) (re) (rf) (rg) (rh) (ri) (rj) (rk) (rl) (rm) (rn) (ro) (rp) (rq) (rr) (rs) (rt) (ru) (rv) (rw) (rx) (ry) (rz) (sa) (sb) (sc) (sd) (se) (sf) (sg) (sh) (si) (sj) (sk) (sl) (sm) (sn) (so) (sp) (sq) (sr) (ss) (st) (su) (sv) (sw) (sx) (sy) (sz) (ta) (tb) (tc) (td) (te) (tf) (tg) (th) (ti) (tj) (tk) (tl) (tm) (tn) (to) (tp) (tq) (tr) (ts) (tt) (tu) (tv) (tw) (tx) (ty) (tz) (ua) (ub) (uc) (ud) (ue) (uf) (ug) (uh) (ui) (uj) (uk) (ul) (um) (un) (uo) (up) (uq) (ur) (us) (ut) (uu) (uv) (uw) (ux) (uy) (uz) (va) (vb) (vc) (vd) (ve) (vf) (vg) (vh) (vi) (vj) (vk) (vl) (vm) (vn) (vo) (vp) (vq) (vr) (vs) (vt) (vu) (vv) (vw) (vx) (vy) (vz) (wa) (wb) (wc) (wd) (we) (wf) (wg) (wh) (wi) (wj) (wk) (wl) (wm) (wn) (wo) (wp) (wq) (wr) (ws) (wt) (wu) (wv) (ww) (wx) (wy) (wz) (xa) (xb) (xc) (xd) (xe) (xf) (xg) (xh) (xi) (xj) (xk) (xl) (xm) (xn) (xo) (xp) (xq) (xr) (xs) (xt) (xu) (xv) (xw) (xx) (xy) (xz) (ya) (yb) (yc) (yd) (ye) (yf) (yg) (yh) (yi) (yj) (yk) (yl) (ym) (yn) (yo) (yp) (yq) (yr) (ys) (yt) (yu) (yv) (yw) (yx) (yy) (yz) (za) (zb) (zc) (zd) (ze) (zf) (zg) (zh) (zi) (zj) (zk) (zl) (zm) (zn) (zo) (zp) (zq) (zr) (zs) (zt) (zu) (zv) (zw) (zx) (zy) (zz)

La plupart des céramiques modernes sont
préparées à partir de poudres consolidées
et densifiées par un traitement thermique.
(~~fait~~ frittage).

La plus part des céramiques sont des matériaux
polycristallins c'est-à-dire comportant un grand
nombre de microcristaux bien ordonnés (grains)
reliés entre eux par des joints (voir figure).



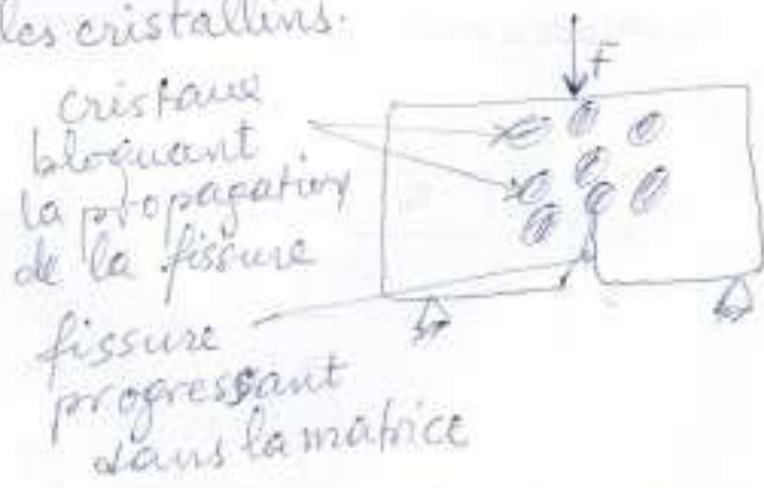
microstructure typique

suite de la définition :

Les céramiques sont des matériaux inorganiques, obtenus (par élaboration ou par synthèse) composés d'oxydes, de carbures, de nitrures et de borures. Les céramiques présentent des liaisons chimiques fortes de nature ionique ou covalente. Elles sont mises en forme à partir d'une poudre de granulométrie (grains).

Dans une deuxième étape la densification et la solidification de cet agglomérat sont obtenues par un traitement thermique appelé frittage.

- Renforcement de la céramique par incorporation de particules cristallines.



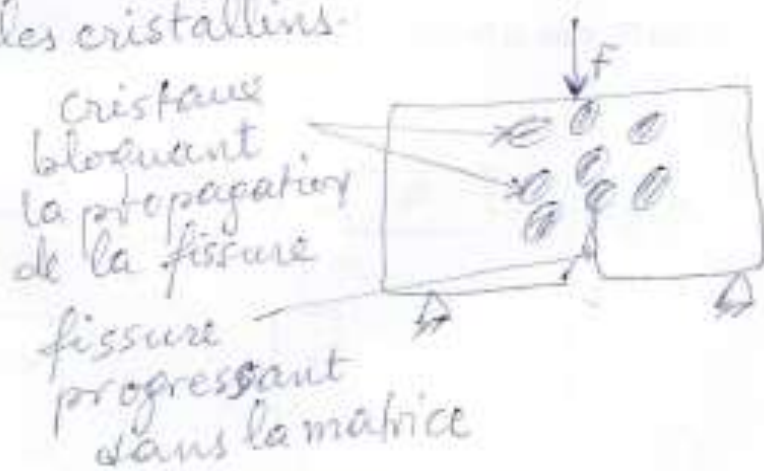
La fracture d'une céramique intervenant par propagation de fissure. La présence de cristaux résistants dans la céramique bloque la propagation, ou du moins ralentit la propagation des fissures

suite de la définition :

Les céramiques sont des matériaux inorganiques, obtenus (par dérivés, par synthèse) composés d'oxydes, de carbures, de nitrures et de borures. Les céramiques présentent des liaisons chimiques fortes de nature ioniques ou covalentes. Elles sont mises en forme à partir d'une poudre de granulométrie (grains).

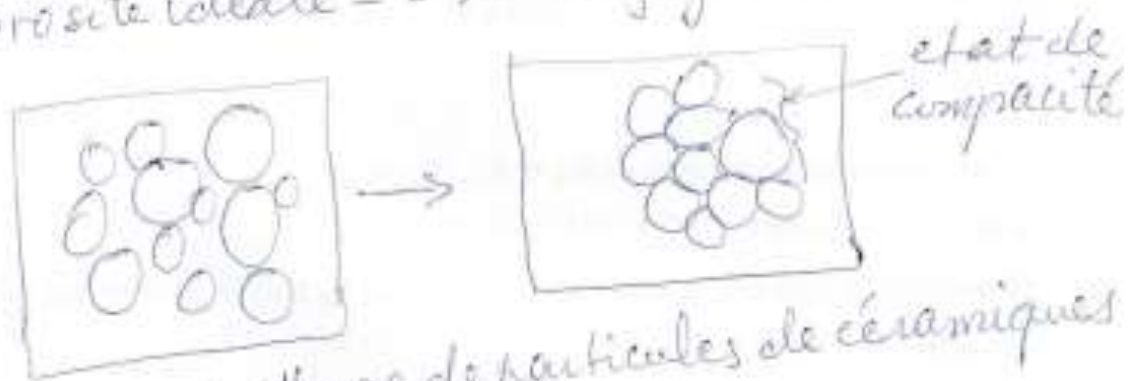
Dans une deuxième étape la densification et la consolidation de cet agglomérat sont obtenues par un traitement thermique appelé frittage.

- Renforcement de la céramique par incorporation de particules cristallines.



La fracture d'une céramique intervenant par propagation de fissure. La présence de cristaux résistants dans la céramique bloque la propagation, ou du moins, ralentit la propagation des fissures

Le but de frittage: est un traitement thermique avec ou sans application de pression externe grâce auquel un système de particules individuelles ou un corps ~~por~~ poreux modifie certaines de ses propriétés dans le sens d'évolution vers un état de compacité maximale (porosité idéale = 0) voir figure:



Frittage de particules de céramiques

propriétés physiques.

- Thermiques

Les céramiques sont des isolants thermiques.

- Électriques

Le déplacement des charges électriques ne pouvant se produire, en générale les ~~céramiques sont des isolants électriques~~ elles sont d'excellents isolants électriques et ils sont utilisés par exemple comme isolateurs pour circuits électriques à hautes tensions.

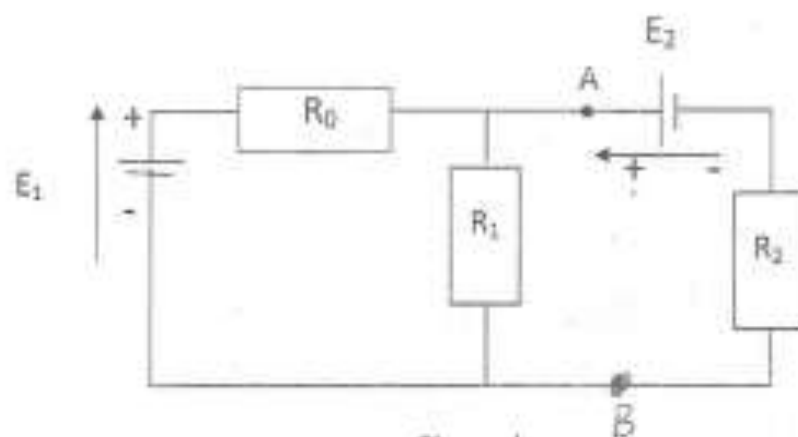


Figure b

a) Donner les expressions de E_{AB} et R_{AB} (figure a)

A.N. $E=15\text{ V}$; $R_0=80\text{ K}\Omega$; $R_1=20\text{ K}\Omega$; $R_2=24\text{ K}\Omega$

Déterminer le courant i_2 traversant la résistance R_2 puis la tension V_{BA} AN

$E_2=12\text{V}$; $R_2=10\text{K}\Omega$,

Soit le montage de la figure c avec $R_3=5\text{K}\Omega$, Déterminer le courant i_2 dans la résistance R_2 puis la tension V_{AB}

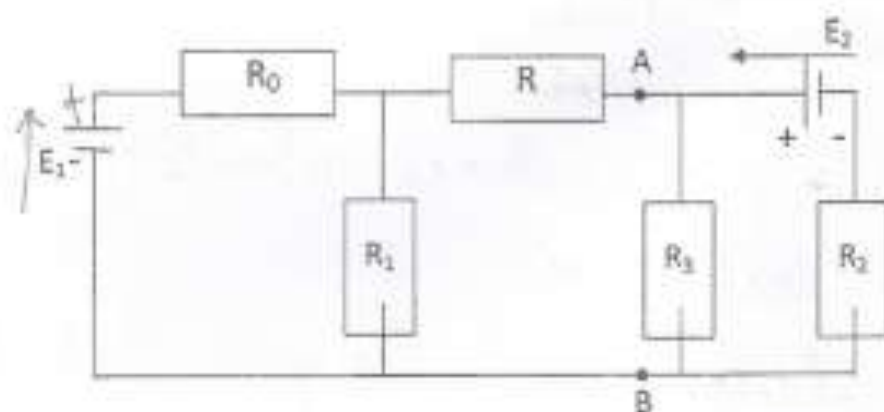


Figure c

le maillage =
5/24

~~Les différents types de~~ (obtention de) céramique

✓ Les céramiques :

- les céramiques vitrifiées (brilles)
- les céramiques techniques
- les céramiques naturelles.

Les céramique vitrifiées :

silicate enrobées dans une phase vitreuse

- Exemples: Poteries, faïence, briques
- ~~v~~ vaisselles (vases)
 - sanitaire
 - tuiles
 - briques. . . .

constitués d'argiles :

Alumino-silicate hydraté :

Composition chimique : $\frac{1}{2} Al_2 (Si_2 O_5) (OH)_4$

تركيبة الهيدراتية

- L'argile est mélangée à l'eau pour la rendre plastique (l'eau s'infiltrer entre les feuilles d'argiles et la rend malléable)
- Puis séchée pour la rendre plus dure
 - cuisson au four (1000 à 2000°C) (4)

formation d'une phase vitreuse (brille)

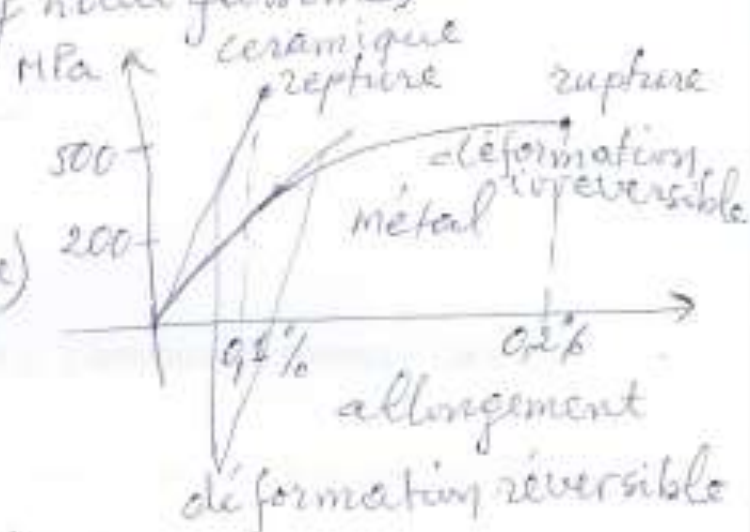
Remarque : apparition de micro-fissures, on digote à la surface une poudre (à 800°C) : émaillage

Techniques des céramiques :

- Très fort développement depuis une vingtaine d'années - - -
- liaison covalente très forte
- très haute résistance mécanique à l'astiques (mais faible ténacité et fragile)
- haute résistance à la température
- peu chères (sauf haut gamme)

Applications :

- matériau dur (outil de coupe)
- bâtiment : sanitaire
- réfractaire :
 - moteur, • turbine
 - revêtement d'engins spatiaux.
- stockage de déchets nucléaires.



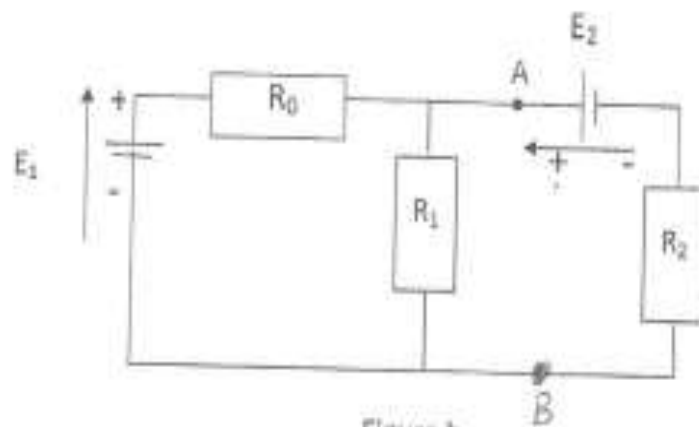


Figure b

a) Donner les expressions de E_{AB} et R_{AB} (figure a)

A.N. $E=15\text{ V}$; $R_0=80\text{ K}\Omega$; $R_1=20\text{ K}\Omega$; $R_2=24\text{ K}\Omega$

Déterminer le courant i_2 traversant la résistance R_2 puis la tension V_{BA} A.N.

$E_2=12\text{ V}$; $R_2=10\text{ K}\Omega$,

Soit le montage de la figure c avec $R_3=5\text{ K}\Omega$, Déterminer le courant i_2 dans la résistance R_2 puis la tension V_{AB}

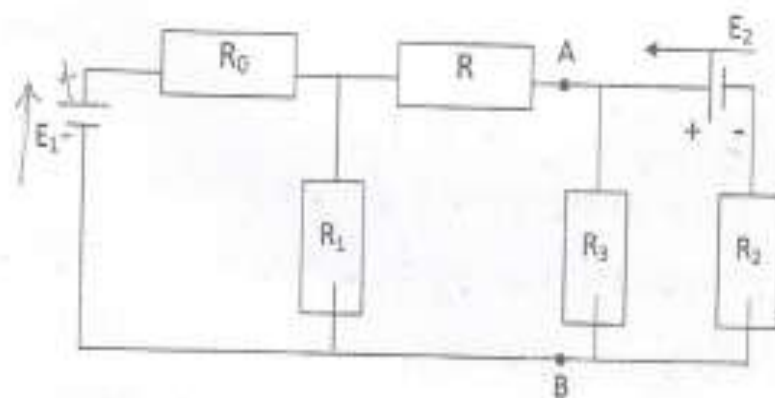
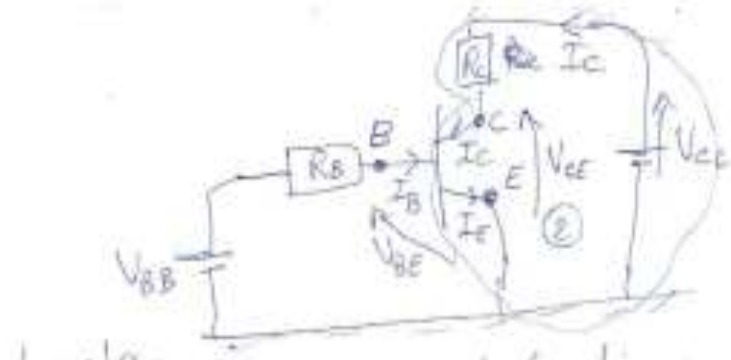


Figure c



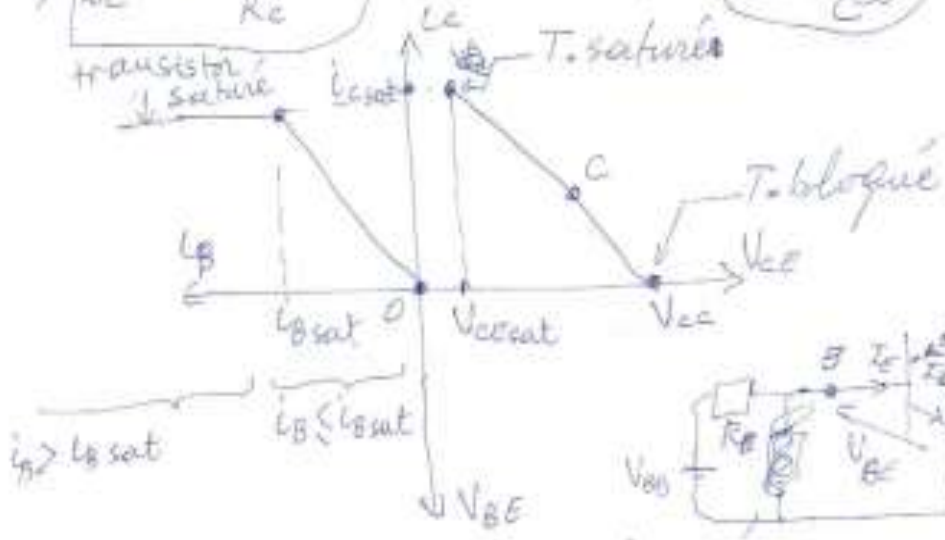
donner la droite de charge de fonctionnement

dissipation: P_{diss}

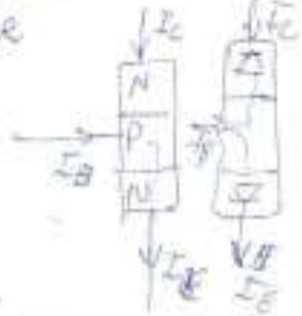
- $R_C = 200\Omega$
- $R_B = 1000\Omega$
- $V_{CC} = 15V$
- $V_{BEsat} = 0,8$
- $V_{CEsat} = 0,2$
- $\beta = 120$
- $I_C = \beta I_B$

$$V_{CC} - R_C I_C - V_{CE} = 0$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$



- si $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$ T: bloquée
- si T saturée $I_C = I_{Csat}$
correspondant: $V_{CE} = V_{CEsat}$
 ~~$V_{CE} = V_{CEsat}$~~



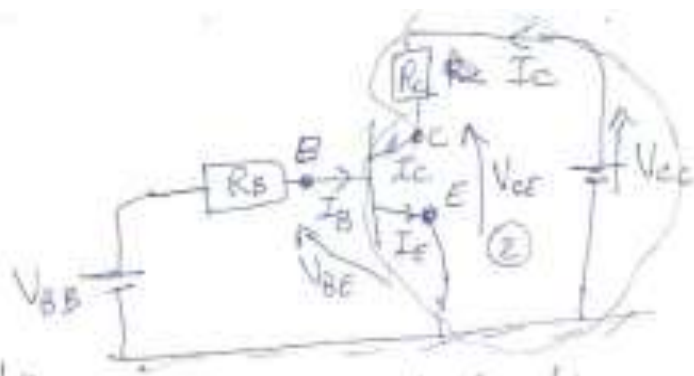
- le transistor fonctionne en linéaire dit amplificateur de courant
c-a-d: V_{CC} augmente donc I_C diminue
 V_{CC} diminue donc I_C augmente

~~le T fonctionne en~~
c-a-d: $I_C = \beta I_B$

matériaux résistants et inertes (à laquelle ne présentent pas de danger pour l'homme et pour la nature. On les utilise surtout largement pour les équipements sanitaires, médicaux ou dentaires.

Les principales céramiques ~~matériaux résistants et inertes~~

Produit	Propriétés	Utilisations
alumine (oxyde d'aluminium Al_2O_3) (1)	bonne tenue mécanique aux températures élevées, bonne conductivité thermique, grande résistivité électrique, grande dureté, bonne résistance à l'usure, inertie chimique	isolateurs électriques, supports d'éléments chauffants, protections thermiques, éléments de broyage, composants mécaniques, bagues d'étanchéité, prothèses dentaires, composants de robinetterie
borure d'aluminium AlB_2		renforcement des composites métalliques
carbure de bore B_4C		blindages de chars d'assaut et d'hélicoptères
carbure de silicium ou carborundum SiC (2)	grande dureté, bonne résistance aux chocs thermiques, grande conductivité thermique, faible dilatation thermique, excellente inertie chimique	réfractaires, résistances chauffantes, outils de coupe, pièces de frottement, joints d'étanchéité des pompes à eau, support de catalyseur, abrasifs
carbure de tungstène		Pièces d'usure, outils de coupe, guide-fils, glaces de joints d'étanchéité
cordiérite (silicate alumineux ferromagnésien)	bonne résistance aux chocs thermiques, bonne conductivité thermique	isolants électriques, échangeurs thermiques, éléments chauffants
mullite $Al_6Si_2O_{13}$ (3)	bonne résistance aux chocs thermiques, conductivité thermique faible, résistivité électrique importante	produits réfractaires.
nitrure d'aluminium AlN (4)	conductivité thermique élevée, bonne résistance électrique, transparent aux longueurs d'onde du visible et de l'infrarouge	circuits imprimés, colonnes thermiques, fenêtres pour radar, creusets pour la fonderie
nitrure de bore BN	haute conductivité thermique, faible dilatation thermique, excellente résistance aux chocs thermiques, haute résistance diélectrique, faible constante diélectrique, inerte chimiquement, transparent aux micro-ondes, facilement usinable	isolants électriques à très hautes températures, creusets pour la fonderie, garnitures de fours, gaines de thermocouples, supports de résistances, lubrifiant à haute température.
nitrure de silicium	grande dureté, bonne résistance à l'usure et à l'abrasion, bonne inertie chimique, bonne résistance aux chocs thermiques. Il existe deux types de nitrure de silicium : lié	poudres abrasives, outils de coupe, réfractaires pour la sidérurgie, billes de



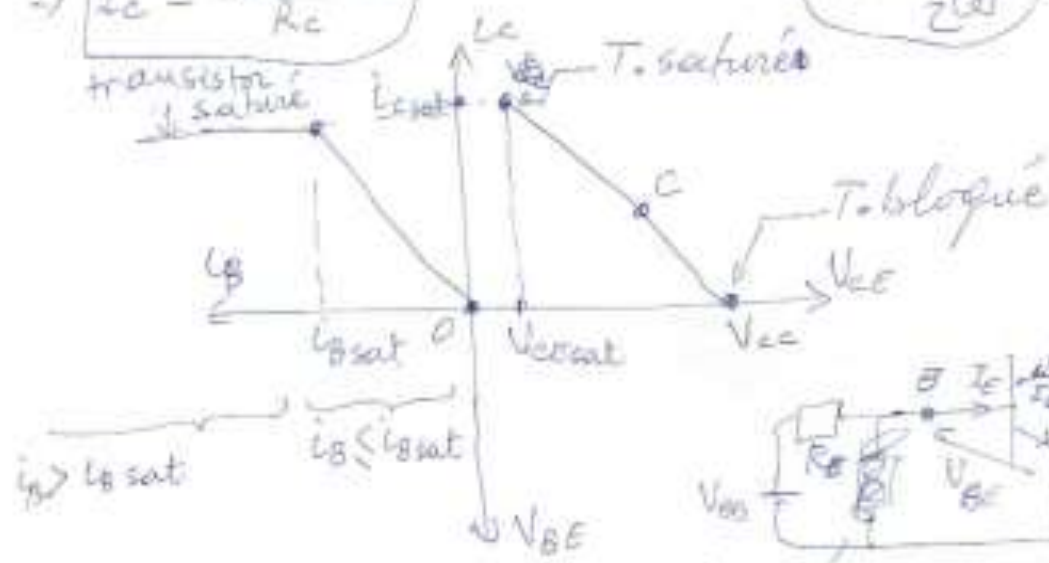
dissipation:
zéro!

- $R_C = 200\Omega$
- $R_B = 1000\Omega$
- $V_{CC} = 15V$
- $V_{BEsat} = 0,8$
- $V_{CEsat} = 0,2$
- $\beta = 120$
- $I_C = \beta I_B$

donner la droite de charge de fonctionnement

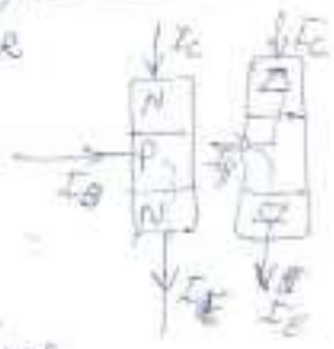
$$V_{CC} - R_C I_C - V_{CE} = 0$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$



poloynome zéro! → Algerie

- si $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$ T: bloqué
- si T saturée $I_C = I_{Csat}$
corresponda: $V_{CE} = V_{CEsat}$
 ~~$V_{CEsat} = \frac{V_{CC} - V_{BEsat}}{\beta}$~~



Le transistor fonctionne en linéaire dit amplificateur de courant
c-a-d: V_{CC} augmente donc I_C diminue
 V_{CC} diminue donc I_C augmente

~~si T fonctionne en~~
c-a-d: $I_C = \beta I_B$