

Croissance et développement des plantes



SCIENCES DE LA
VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



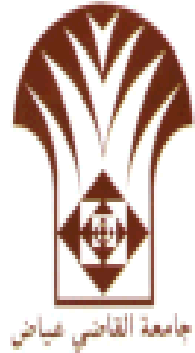
Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



Filière SV
Semestre 5, Parcours
BAPV- 2012/2013



Module M4:

Elément 1: Physiologie du développement des Plantes

Responsable du cours: Pr. LOUTFI KENZA

(Suite du cours)

Chap II: Les mouvements chez les plantes

Introduction

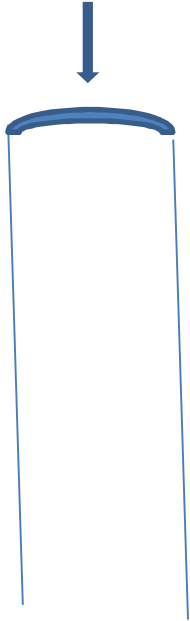
Plantes = organismes fixés qui doivent s'adapter aux variations des facteurs de l'environnement:

**Dissymétrie dans la croissance des organes qui aboutit à une courbure:
mouvement**

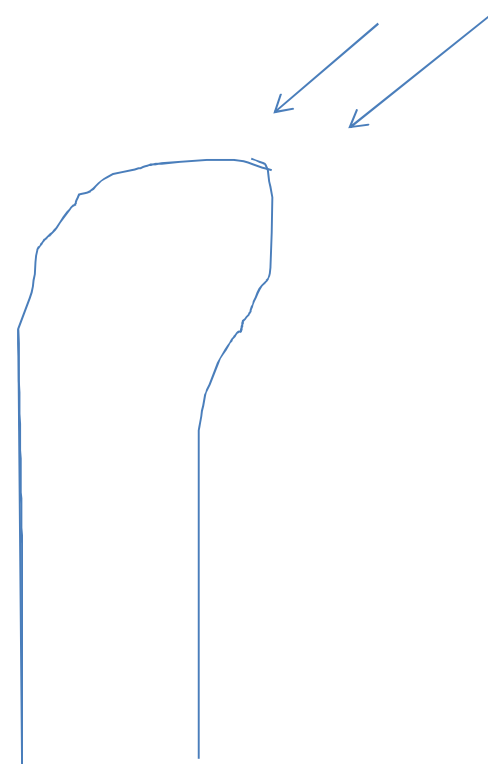
Ex mouvement d'un coléoptile d'avoine soumis à un éclairage hétérogène:

Eclairement latéral

Eclairement homogène



Pas de courbure



Courbure

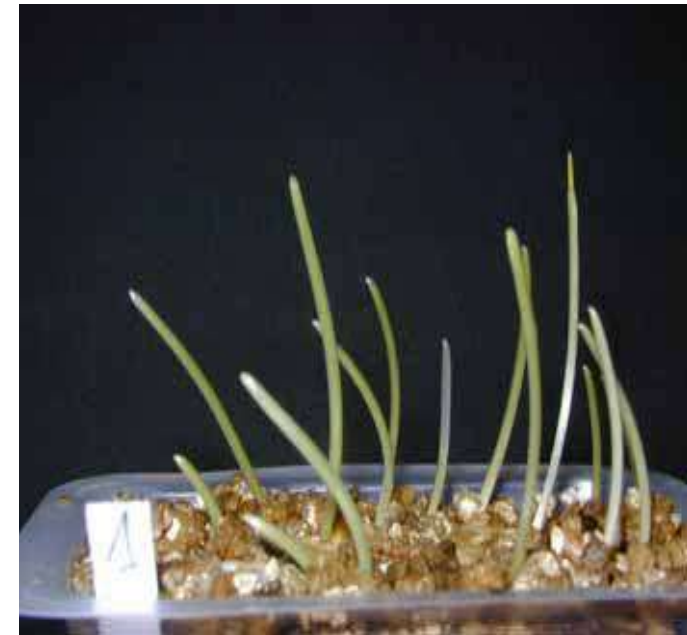
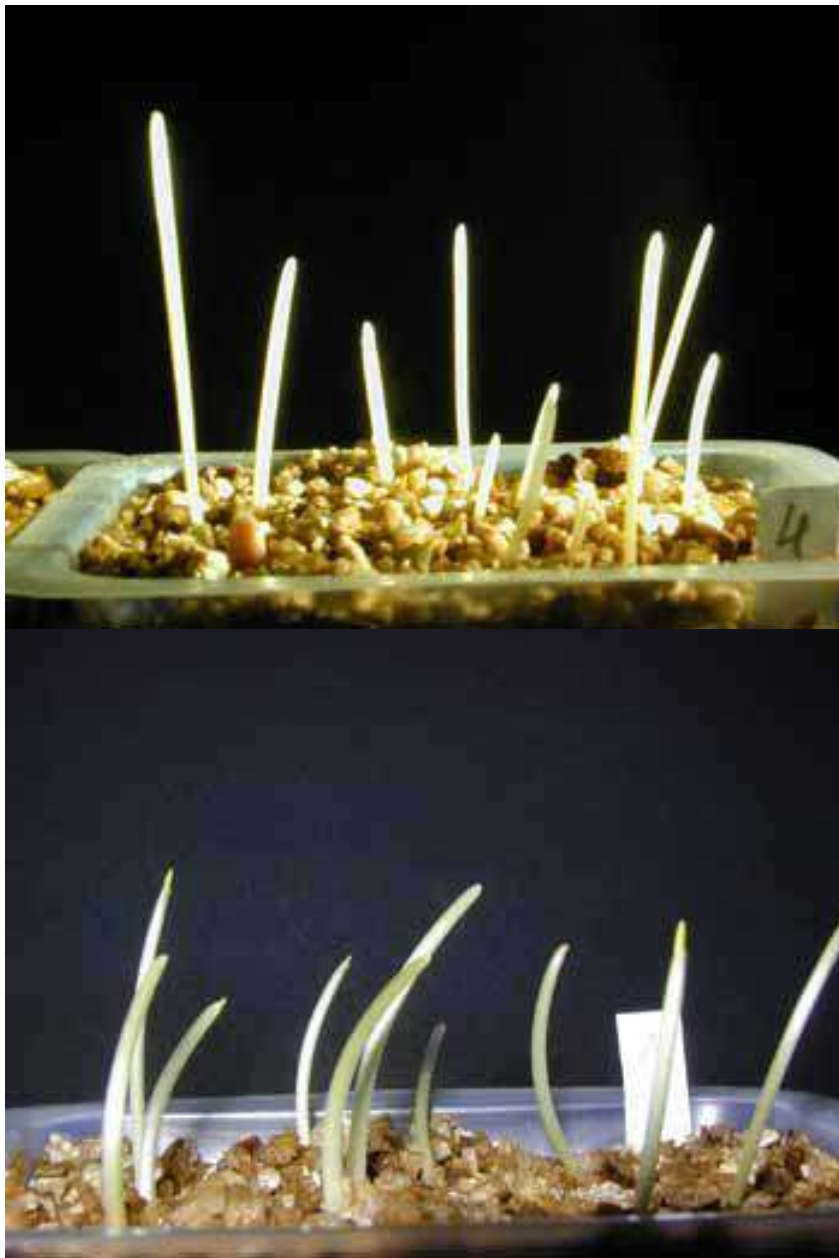
**Il existe plusieurs types de
mouvements:**

I. Les tropismes:

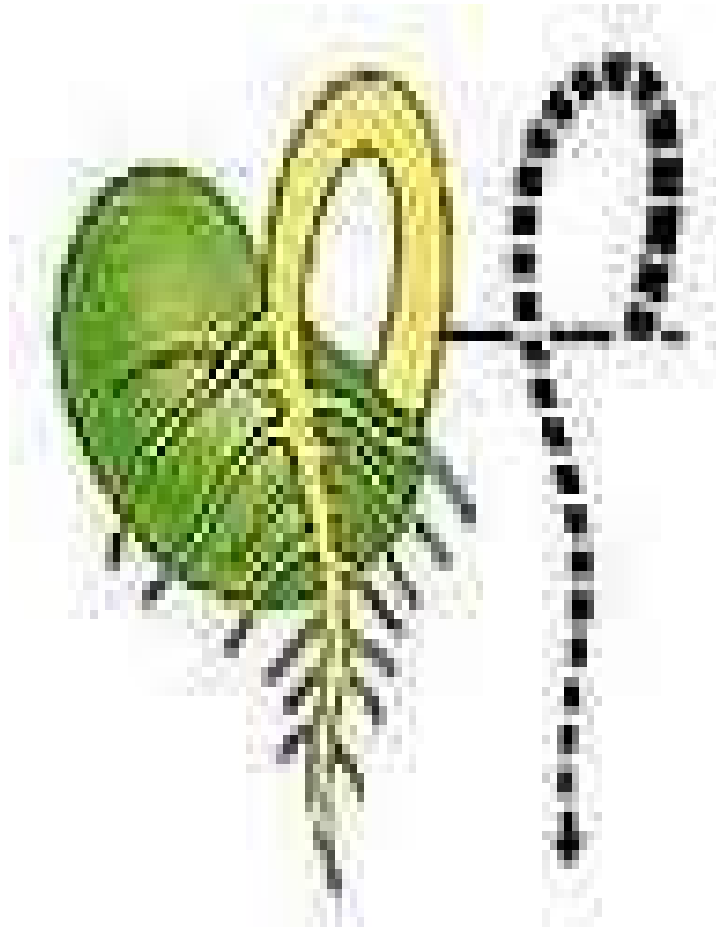
= Réactions d'orientation des organes d'une plante face à une anisotropie du milieu externe: ex

- * Eclairement non homogène**

- * Changement de la position par rapport à la gravité**



**Ex Phototropisme du coléoptile
des graminées (Fig 1 et 2)**



gravité

Géotropisme de la racine

**Ce sont des mouvements
déclenchés par des facteurs
externes et orientés par
rapport à ces facteurs
externes.**

II. Mouvements de nasties

= mouvements déclenchés par des facteurs externes mais orientés selon une disposition anatomique interne de l'organe.



Ex Nastie des hypocotyles d'haricot:

Déclenché par la lumière mais toujours orienté pour une ouverture vers le haut.

III. Les Nutations ou mouvements révolutifs

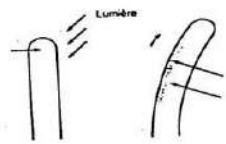
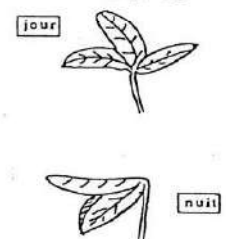
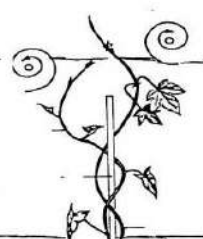
**= Mouvements autonomes
indépendants des facteurs
externes: ex mouvements des
vrilles**



Ex Mouvement d'une vrille

Tableau 1: Principaux mouvements de croissance chez les plantes

Tableau récapitulatif des principaux mouvements de croissance des plantes

Type de Mouvement	stimulus	Déterminisme de l'orientation de la croissance	Ex Réponses des plantes	Exemples
<u>Tropismes</u>	Facteur externe asymétrique	Facteurs externes	- Courbure : coléoptile graminées - Courbure des racines Différence de croissance : du tube pollinique Différence croissance : vrilles	
Phototropisme Géotropisme Thermotropisme Chimiotropisme Thigmotropisme	Lumière Gravité Température Substances chimiques Obstacle (contact)			
<u>Nasties</u>	Déclenchés par des facteurs externes mais orientés selon une disposition anatomique interne.	Facteurs internes (les facteurs externes ne font que déclencher le mouvement)	Fermeture et ouverture des fleurs et des feuilles : ex fleurs de tulipe Feuilles de trèfle	
Nyctinasties : - Photonasties - Thermonasties Séismonasties Thigmonasties	Périodicité journalière lumière Température Chocs (piqûres, froid, chaud...) Contact avec un obstacle			
<u>Nutations ou mouvements révolutifs</u>	Dus à des facteurs internes (indépendants des facteurs externes)	Facteurs internes	Différences de croissance changeant simultanément d'un côté à l'autre - Plantes grimpantes - vrilles	

I. Les tropismes

I. 1. Etapes d'une réponse au cours d'un tropisme

➤ **Etape 1: Stimulation par un facteur externe: ex éclairement latéral, gravité...**

➤ Etape 2: Perception du signal grâce à des cellules sensibles contenant:

- des pigments pour le phototropisme,
- des grains d'amidon pour le géotropisme...: **réception du signal**

➤ **Etape 3: Transduction de l'information (= transformation puis transport de l'information)**

- Se fait par le transport de substances chimiques: ex le calcium, l'auxine...

Etape 4. Réponse de l'organe:

- se fait par une croissance différentielle de deux faces de l'organe: courbure

Définitions:

- **Temps de stimulation ou temps de présentation=**

temps minimal d'application du stimulus nécessaire pour déclencher une réponse chez l'organe

**-Temps de latence: temps
entre la fin de la stimulation
et le déclenchement de la
réponse**

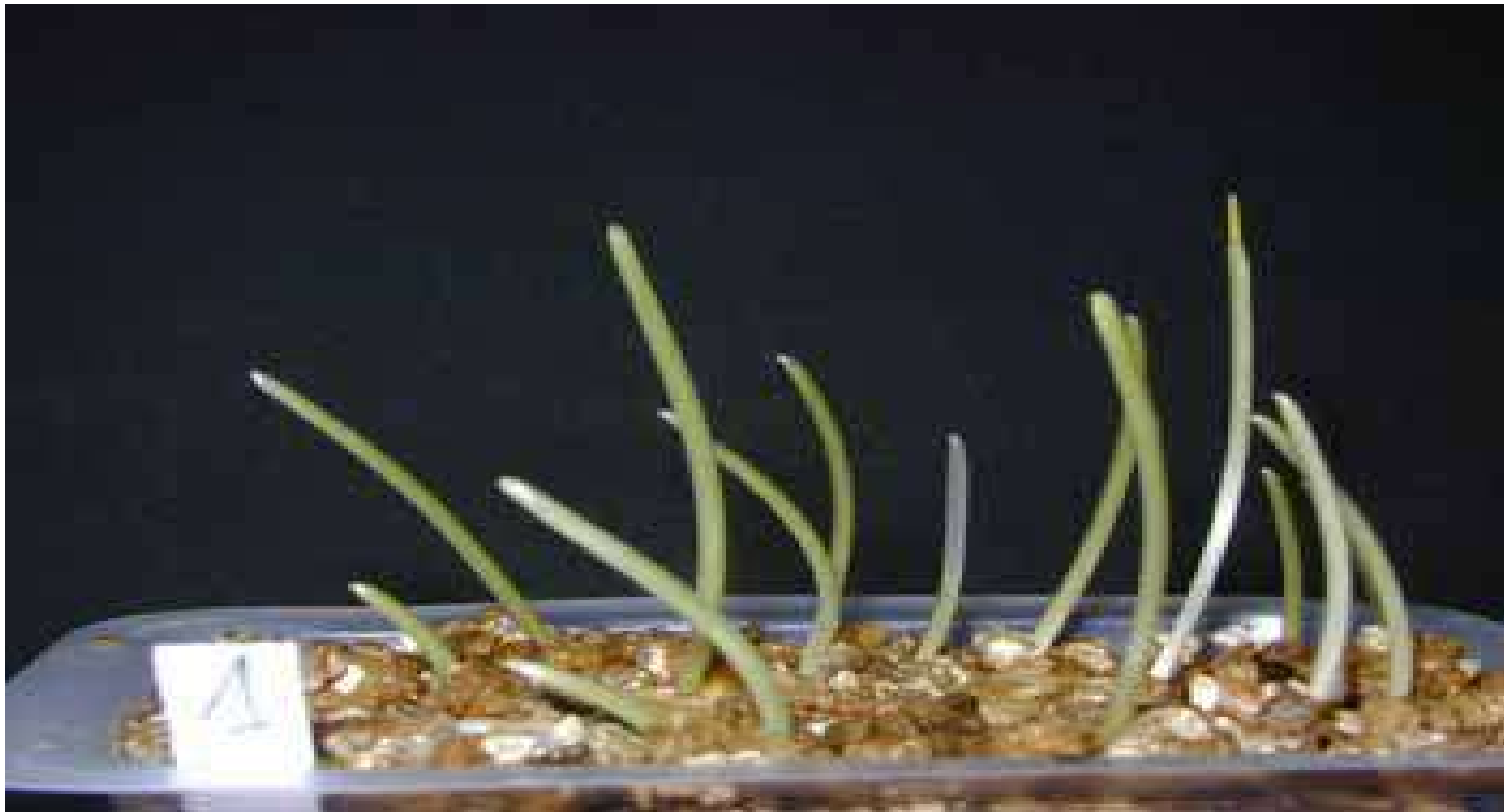
**- Temps de réaction= temps
nécessaire pour l'observation de
la réponse = temps de
stimulation + temps de latence**

Les zones de perception du signal et les zones de réponse peuvent être identiques ou différentes selon les tropismes et les organes en question:

Ex * pour le géotropisme du coléoptile: les zones de perception et de réponse sont les mêmes

*** Pour les racines la zone de perception = coiffe . La zone de Réponse = apex racinaire**

I.1. Le Phototropisme



Positif= lorsque l'organe se courbe vers le côté où il y a la lumière:

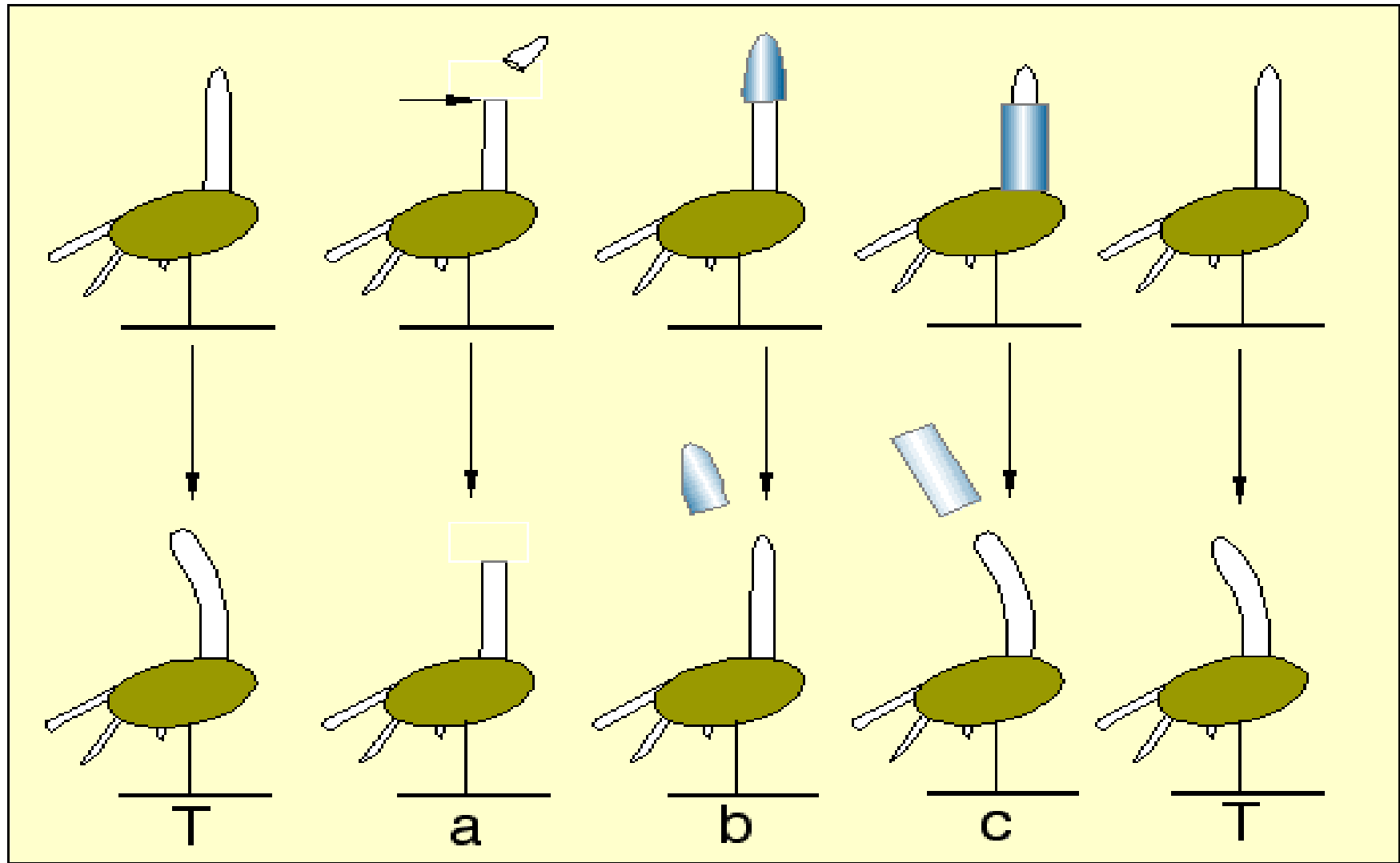
C'est le cas de la majorité des organes aériens: tige, pétioles, pédoncules floraux, coléoptiles des graminées (Fig 1).

**Exceptions: ex l' hypocotyle
du Gui (plante parasite) qui
a un phototropisme négatif:
(fig 2).**

Les limbes foliaires se placent souvent en position perpendiculaire à la lumière (réception meilleure de la lumière): on parle de plagiophototropisme (Fig 1)

-Négatif = lorsque l'organe s'oriente
du côté inverse à la lumière: cas des
racines (Fig 1)

La zone de perception du stimulus est l'apex: ex pour le phototropisme du coléoptile des graminées: cas de l'avoine (*Phalaris canariensis*)



Coléoptile d'avoine

T: témoin

a: coupure de la pointe du coléoptile

b: pointe couverte par un capuchon métallique

C: corps couvert par un capuchon métallique et pas la pointe

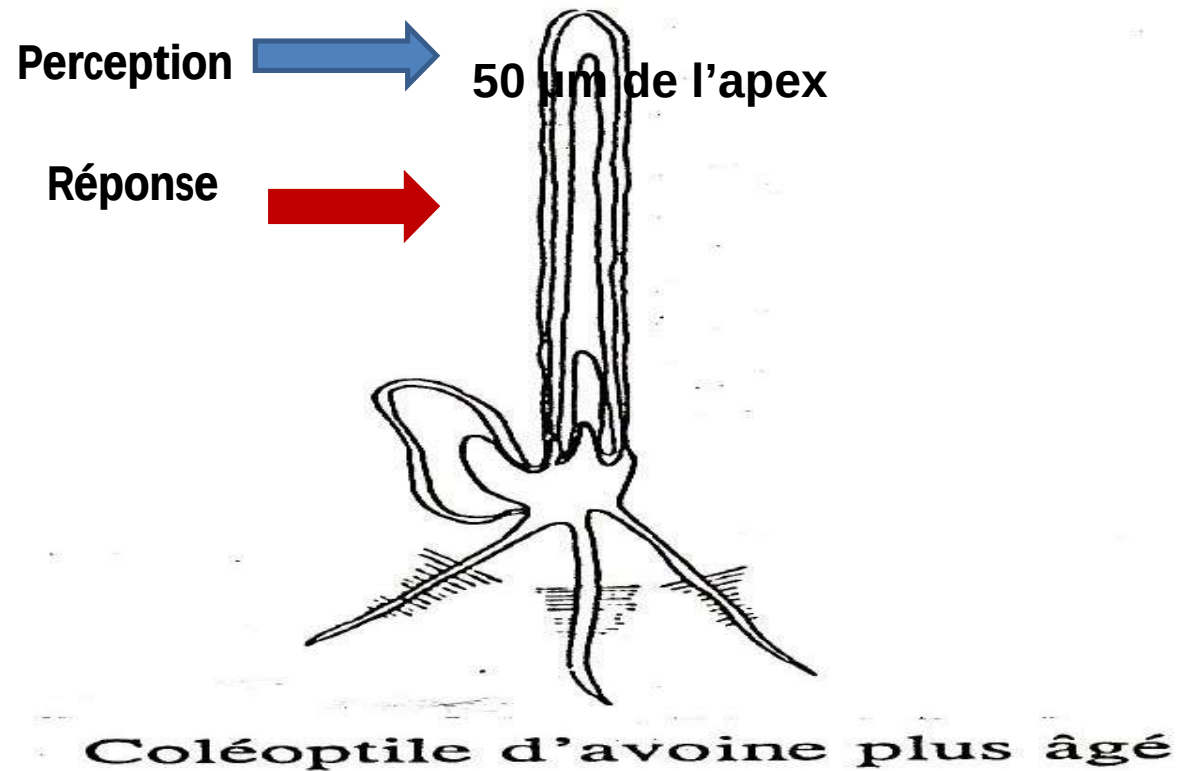
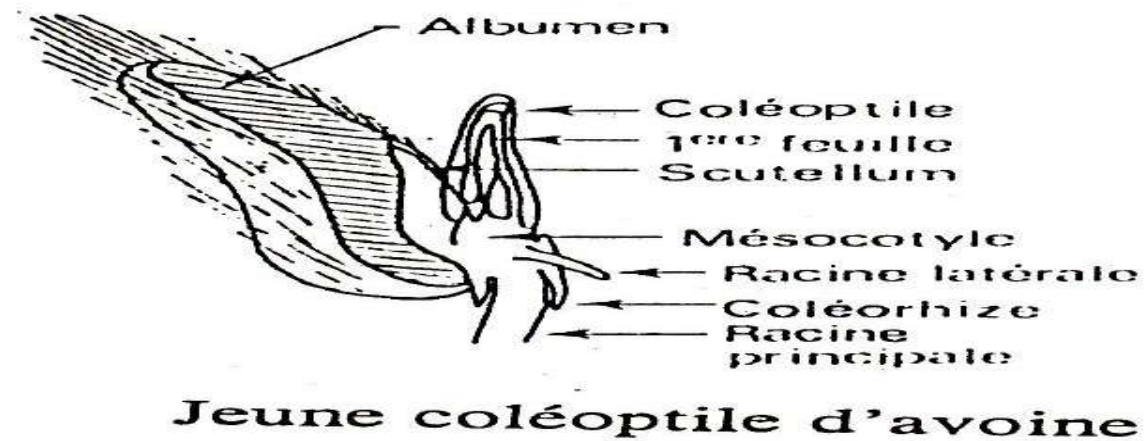


Fig 3: Zones de perception du phototropisme

- **Zone de perception= zone qui reçoit le stimulus= apex du coléoptile environ à 50µm de l'extrémité de l'apex**

- **Zone de réponse: Zone d'élongation (plus basse)**

**Le phototropisme peut être
influencé par l'intensité
lumineuse: ex Fig 4**

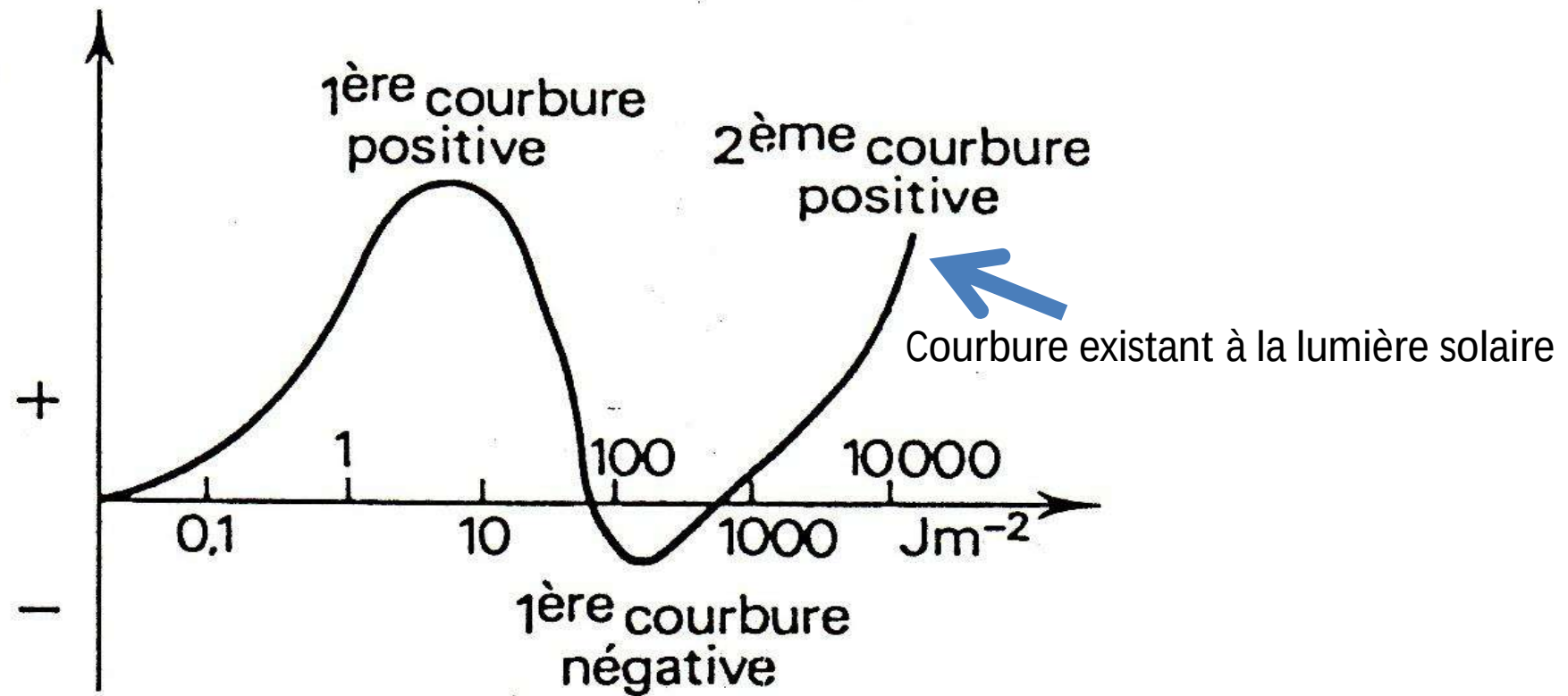


Fig 4: Phototropisme du coléoptile d'avoine en présence de différentes intensités lumineuses.

Energies nécessaires:

**Energie nécessaire = éclairement x
temps de stimulation**

Tableau 2:

- **Minimum nécessaire: 0,2 J/m²**
(énergie très faible)
- **Optimum: 1 à 10 J/m²**
- **Temps de latence: 15 à 20mn**
- **Maximum de courbure obtenu à:**
90 à 100 mn après stimulation

ÉNERGIE MINIMALE NÉCESSAIRE
À LA COURBURE PHOTOTROPIQUE DU COLÉOPTILE D'AVOINE
(d'après BLAAUW, 1909).

Éclairement (lux)	Temps de présentation	Énergie nécessaire (lux . s)
0,09	4 minutes	22 0,225 / m ²
5,5	4 secondes	22 "
0,000 6	10 heures	22 "
26 500	0,001 seconde	26 0,265 / m ²



Phototropisme positif du coléoptile.

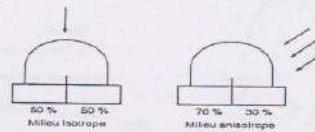


Fig. 6. Migration de l'auxine sous l'effet de la lumière.

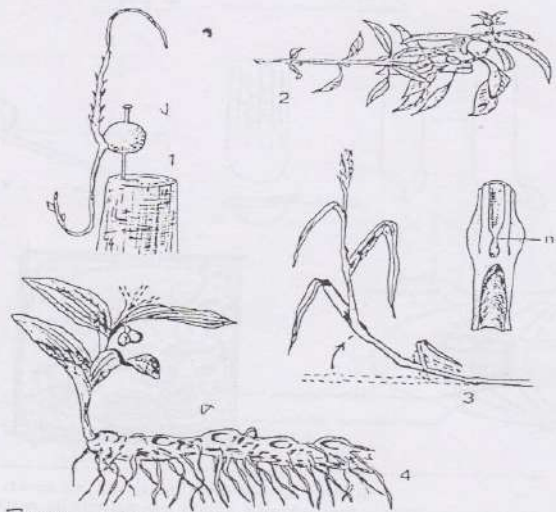


Fig. 7. Géotropismes. 1. plantule de Pois retournée et mise sous cloche humide : recourbement de la tige (géotropisme négatif) et de la racine (géotropisme positif) (d'après BELZIUS). 2. tige de Balsamine disposée horizontalement. 16 h auparavant : géotropisme négatif (d'après ERRIKA et LAURENCE). 3. redressement au niveau des nœuds d'une tige de Ble. 4. Rhizome de Secou de Salomon : diageotropisme (d'après BELZIUS).



Phototropisme chez l'ail, le haricot et la lentille

Mécanismes d'action de la lumière:

- **La perception du stimulus du phototropisme se fait au niveau de l'apex grâce à des pigments photorécepteurs: notamment la riboflavine et l' α carotène.**

Ces pigments ont des pics d'absorption dans le bleu et l'UV qui coïncident avec le pic du spectre d'action de la lumière (Fig 5) :

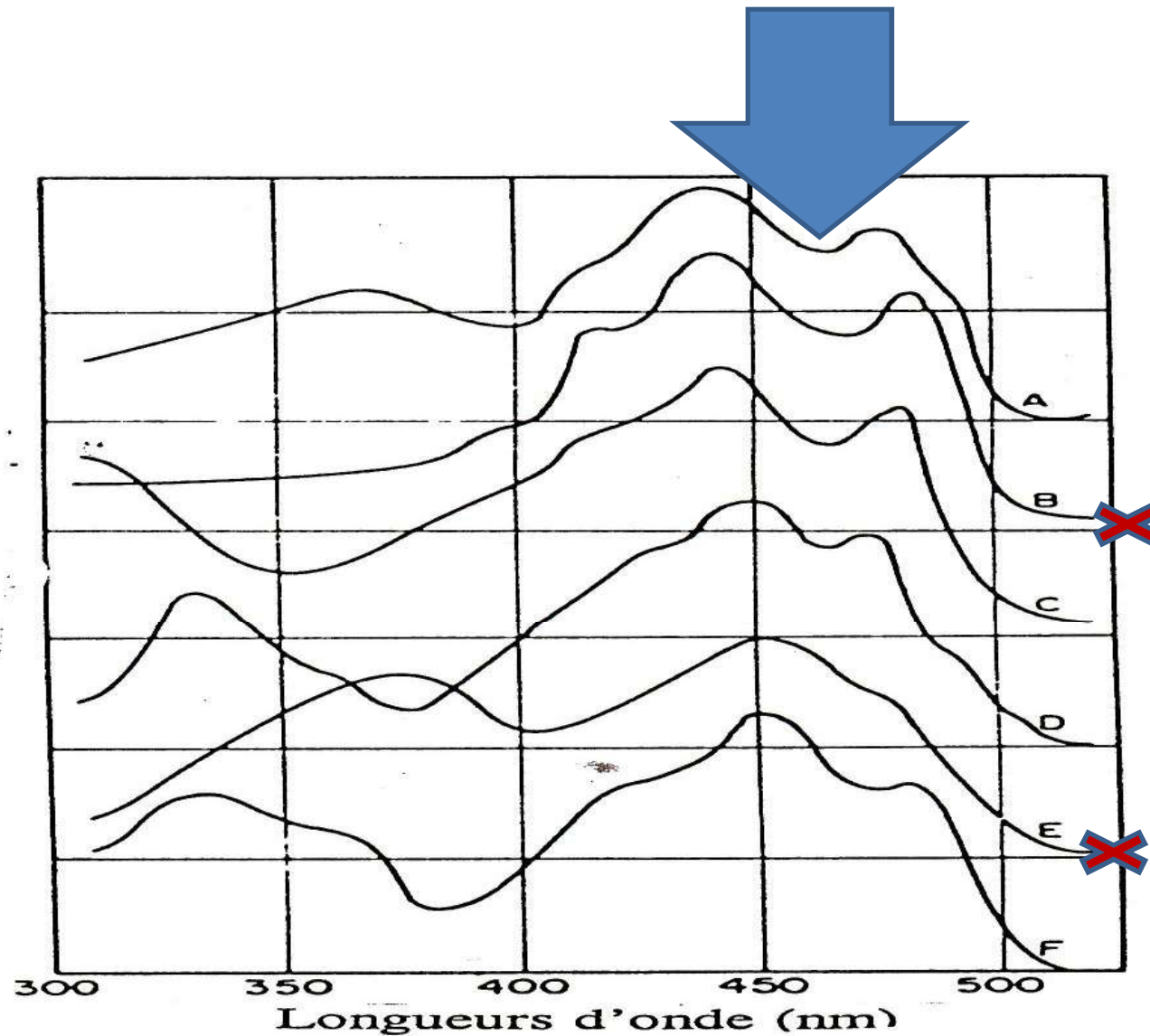
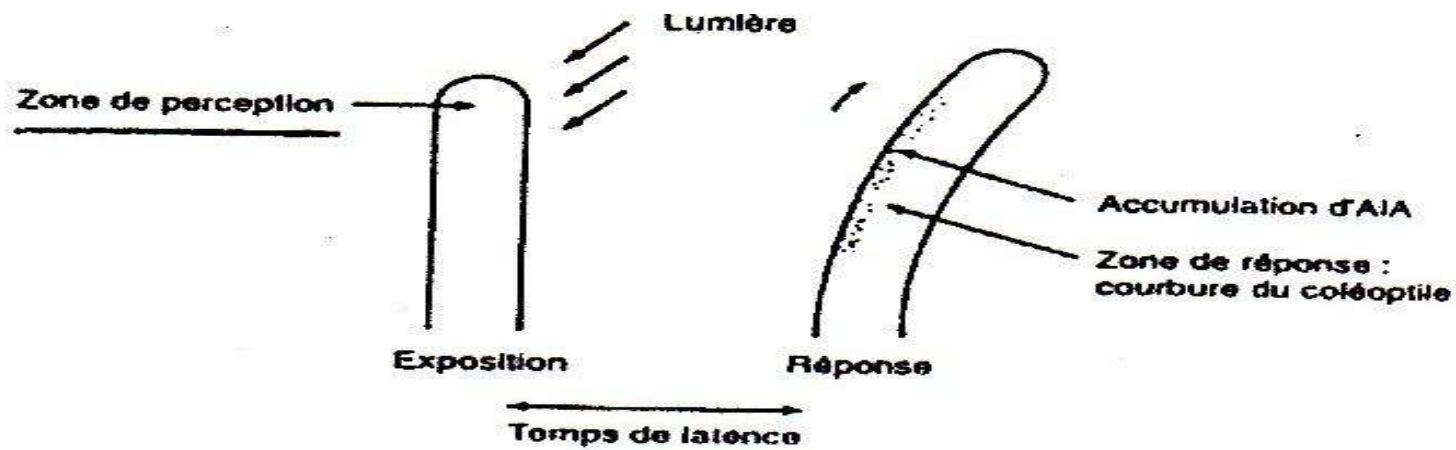
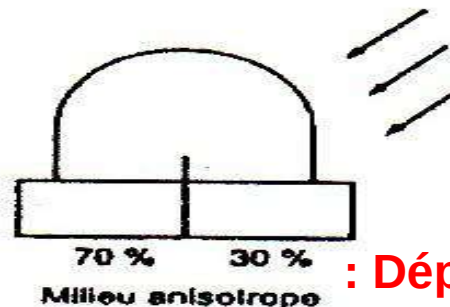
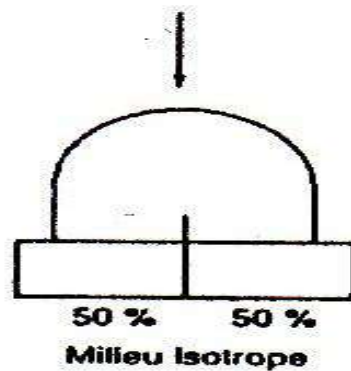


Fig 5: Spectre d'action du phototropisme du coléoptile d'avoine (A)
Spectre d'absorption de l' **α carotène (B)**, de la **riboflavine (E)** et d'autres pigments (C, D et F)

Après perception du signal il y a une série d'événements qui aboutissent à un transport polarisé de l'auxine vers le côté le moins éclairé : Latéralisation de l'auxine (ancienne théorie de Clodony-Went): Fig 6



Phototropisme positif du coléoptile.



: Déplacement de l'auxine vers le côté non éclairé

Fig 6: Latéralisation de l'auxine sous l'effet de la lumière

➡ **Chez le coléoptile, l'auxine favorise la croissance du côté non éclairé par rapport au côté éclairé**

➡ **La courbure se fait vers la lumière: Fig 6.**

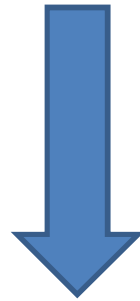
Récemment: Chez *Arabidopsis thaliana* on a observé une Phosphorylation d'une protéine spéciale localisée dans la membrane plasmique en présence de la lumière bleue: la phototropine

La phototropine peut provoquer:

➤ **l'activation de transporteurs de Ca^{++} au niveau de la membrane plasmique : transport du calcium vers les cellules réceptrices**

➤ **Le Ca accumulé se fixe ensuite sur la calmoduline: activation de protéines spécifiques**

➤ **expression de gènes régulant la
synthèse de protéines qui régulent
le transport de l'auxine sous l'effet
de la lumière**



**Accumulation de l'auxine du côté
éclairé/ côté non éclairé
courbure.**



I.2: Le Géotropisme

Définition:

Géotropisme= orientation de la croissance d'un végétal par rapport à la pesanteur (Fig 7)

- **positif** pour les racines (qui s'enfoncent dans le sol)

exceptions:

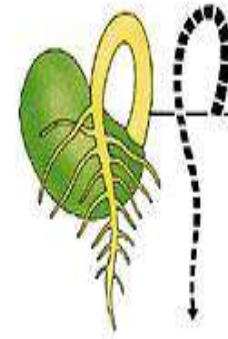
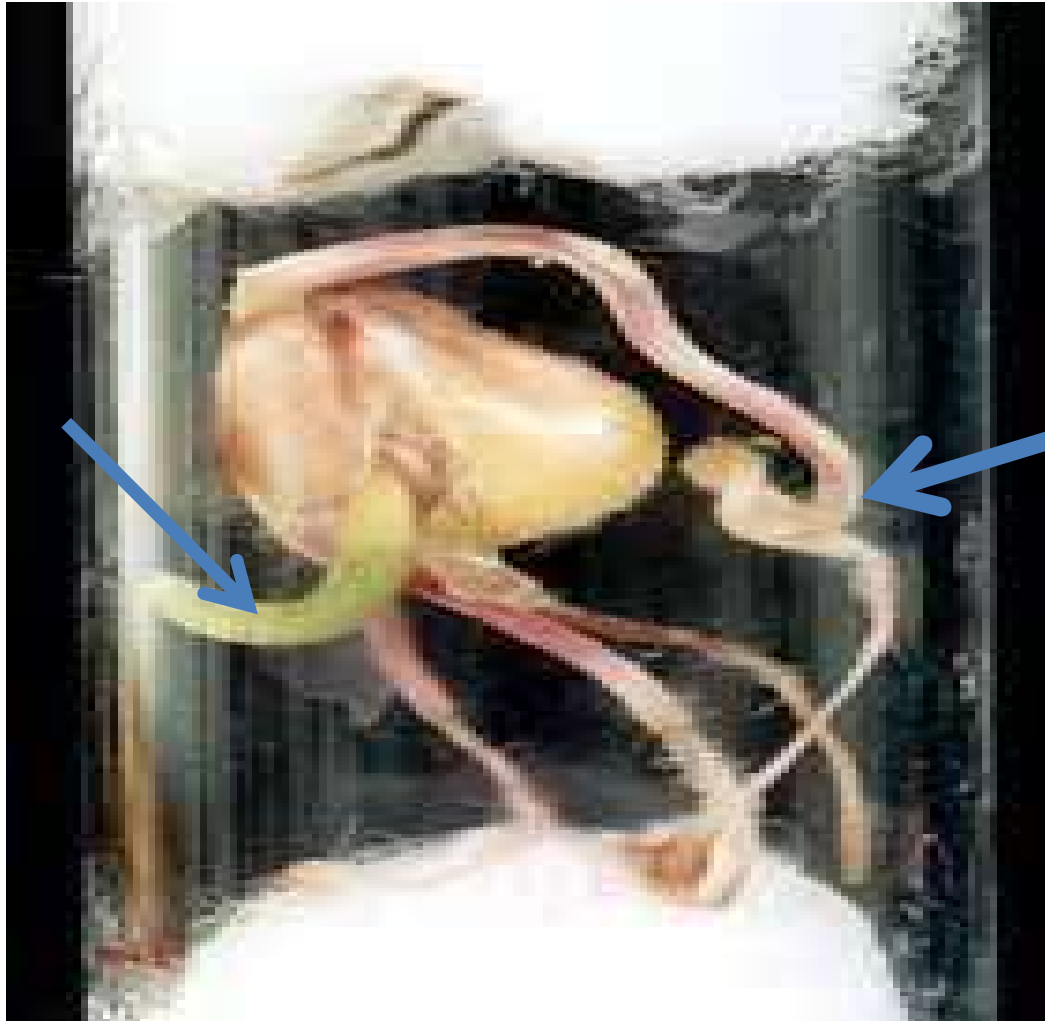
Pneumatophores et les racines secondaires (qui ont un plagiotropisme)

- négatif : pour les tiges et les coléoptiles (croissance aérienne)

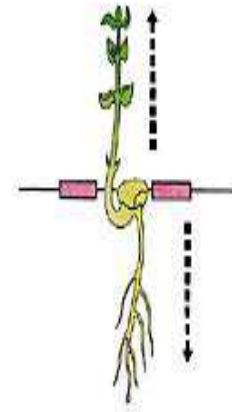


gravité

Ex Géotropisme de l'hypocotyle de soja



Racines



Graine retournée:

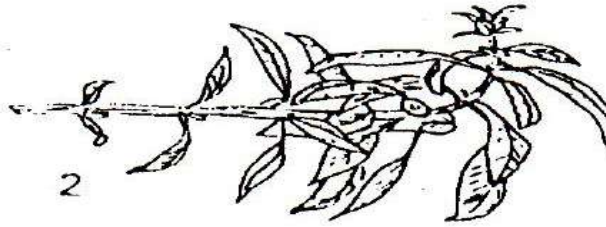
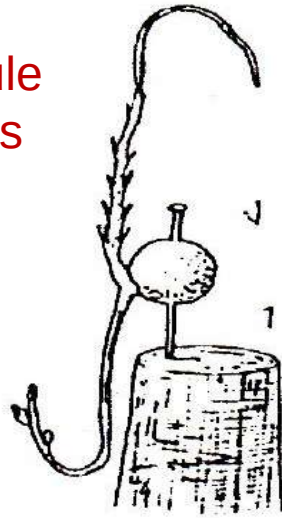
Les racines croissent vers le bas et la tige vers le haut

-B Méthodes d'étude du géotropisme

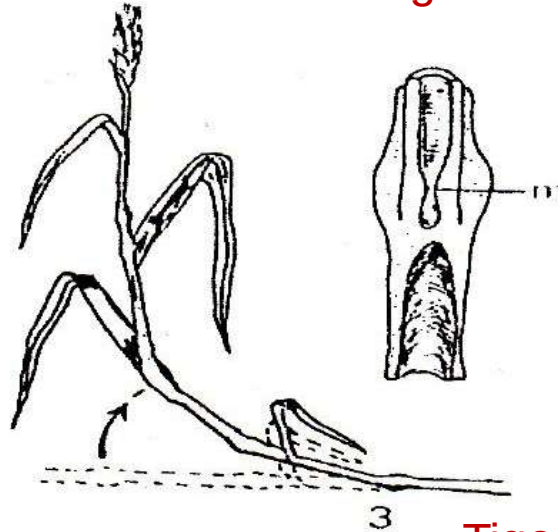
Pour stimuler un organe il y a plusieurs méthodes:

1. Le faire tourner sur lui même et par rapport à la verticale: (fig 8)

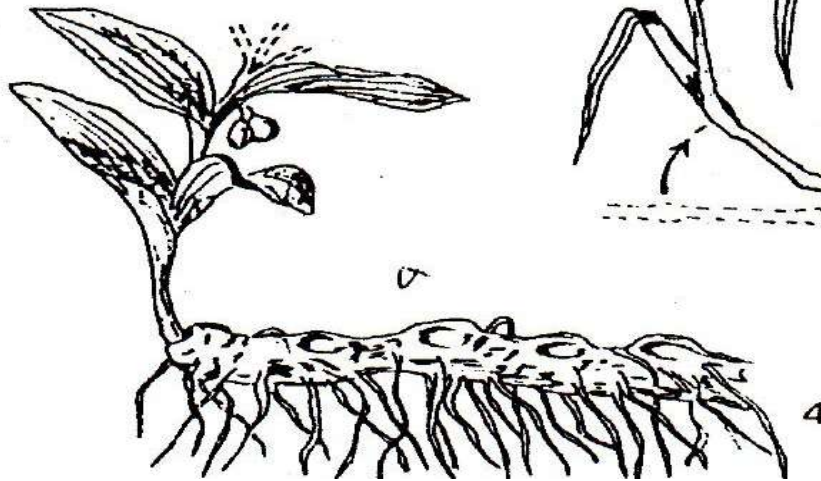
Plantule
de pois



Tige de Balsamine:



Tige de blé (nœuds)



Rhizome : diagéotropisme

Fig 8: géotropisme de différentes plantes

**-2. mettre l'organe sur une
roue tournante ex travaux de
Knight (Fig 9): application de
forces centrifuges qui
annulent l'effet de la
pesanteur**

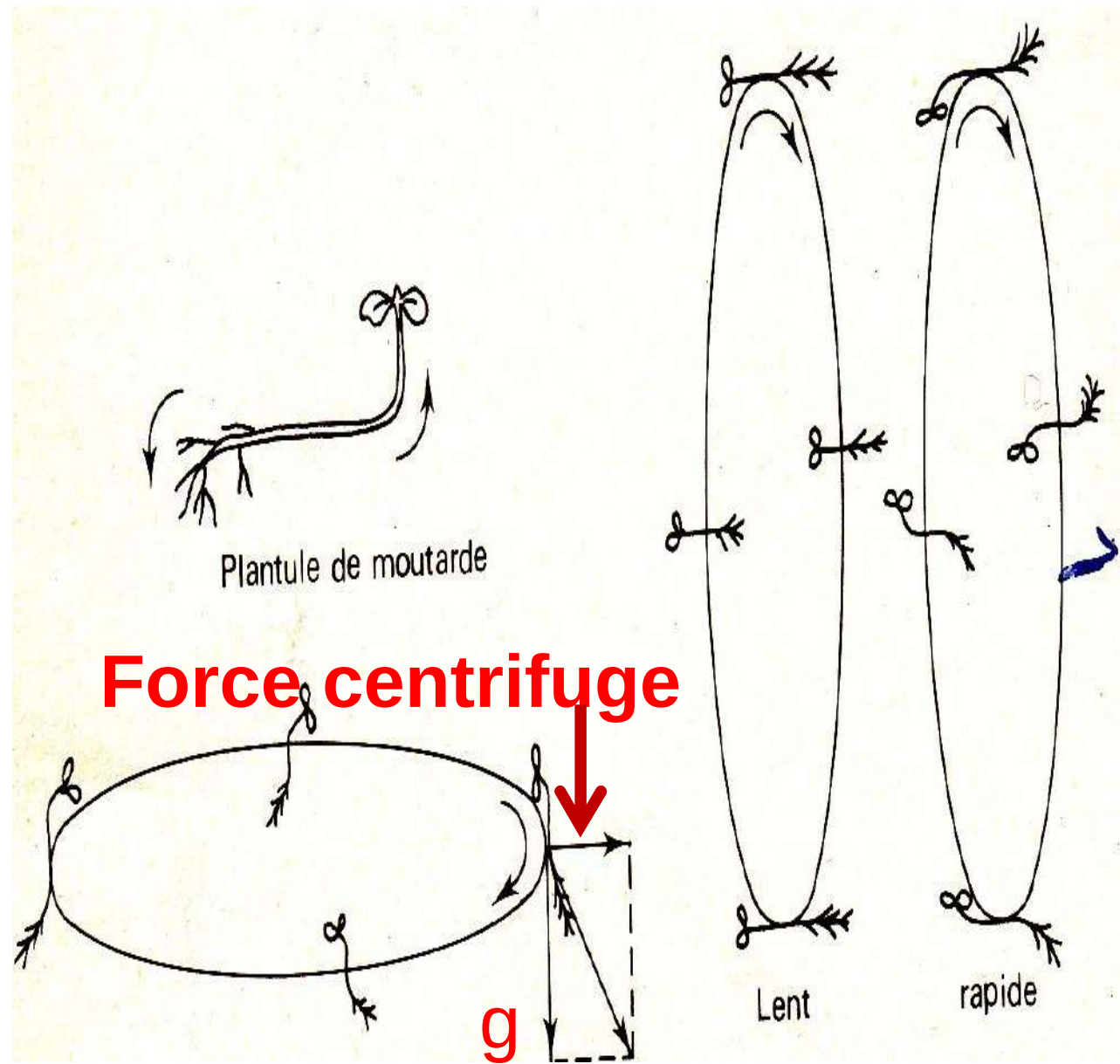


Fig : 9

➤ **3. Utiliser des Clinostats :
régulation de l'intensité des
forces appliquées et leur
orientation.**



Ex de Clinostat

C: Mécanismes

1. Mécanismes de perception du signal

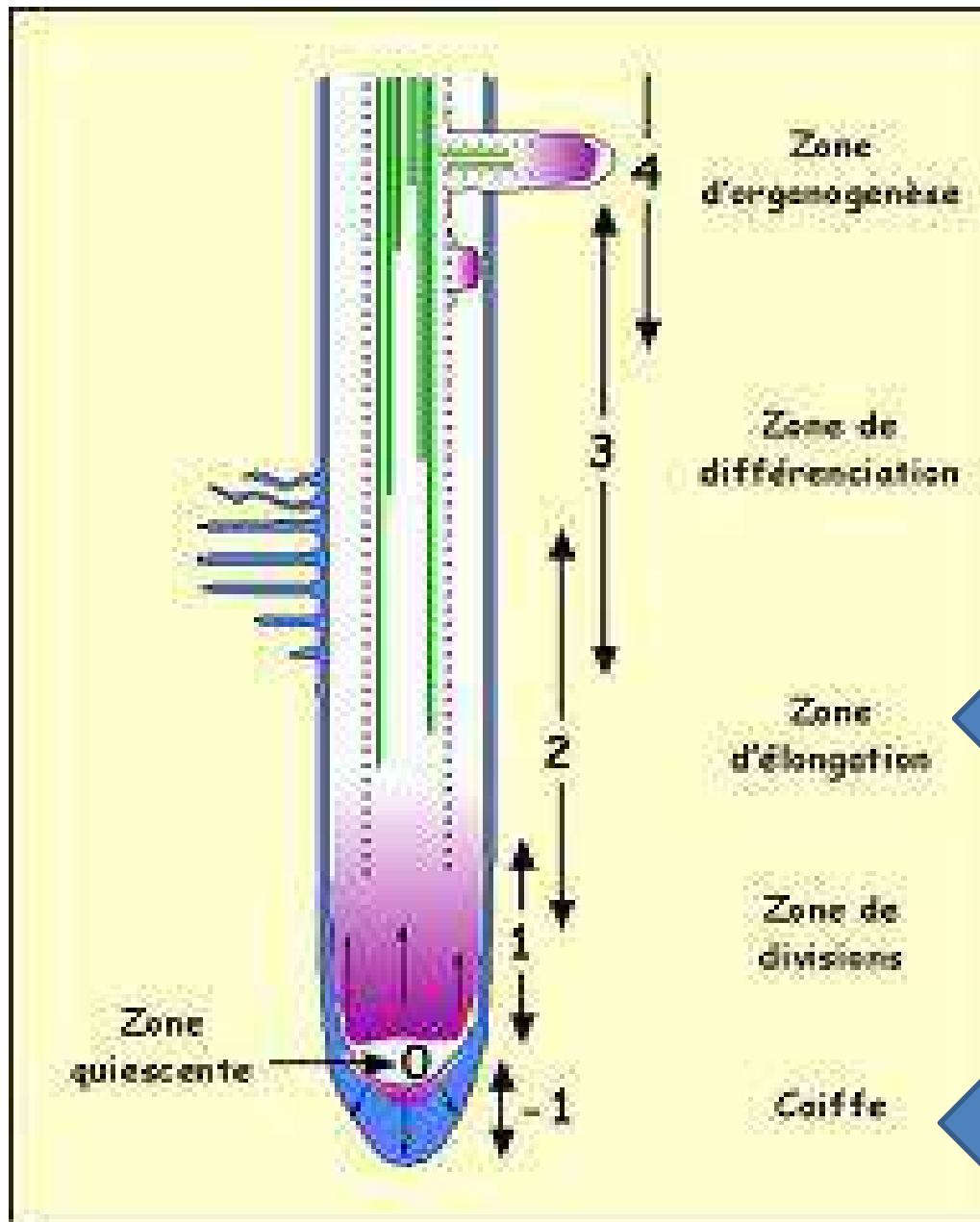
La perception du signal se fait par des cellules spéciales:

✓ Cellules de la coiffe des racines (fig 9).

✓ Cellules des tissus périvasculaires des tiges

✓ Cellules des apex des coléoptiles

La zone de réaction peut être la même (ex pour le coléoptile) ou différente (pour les racines) (tableau 2)



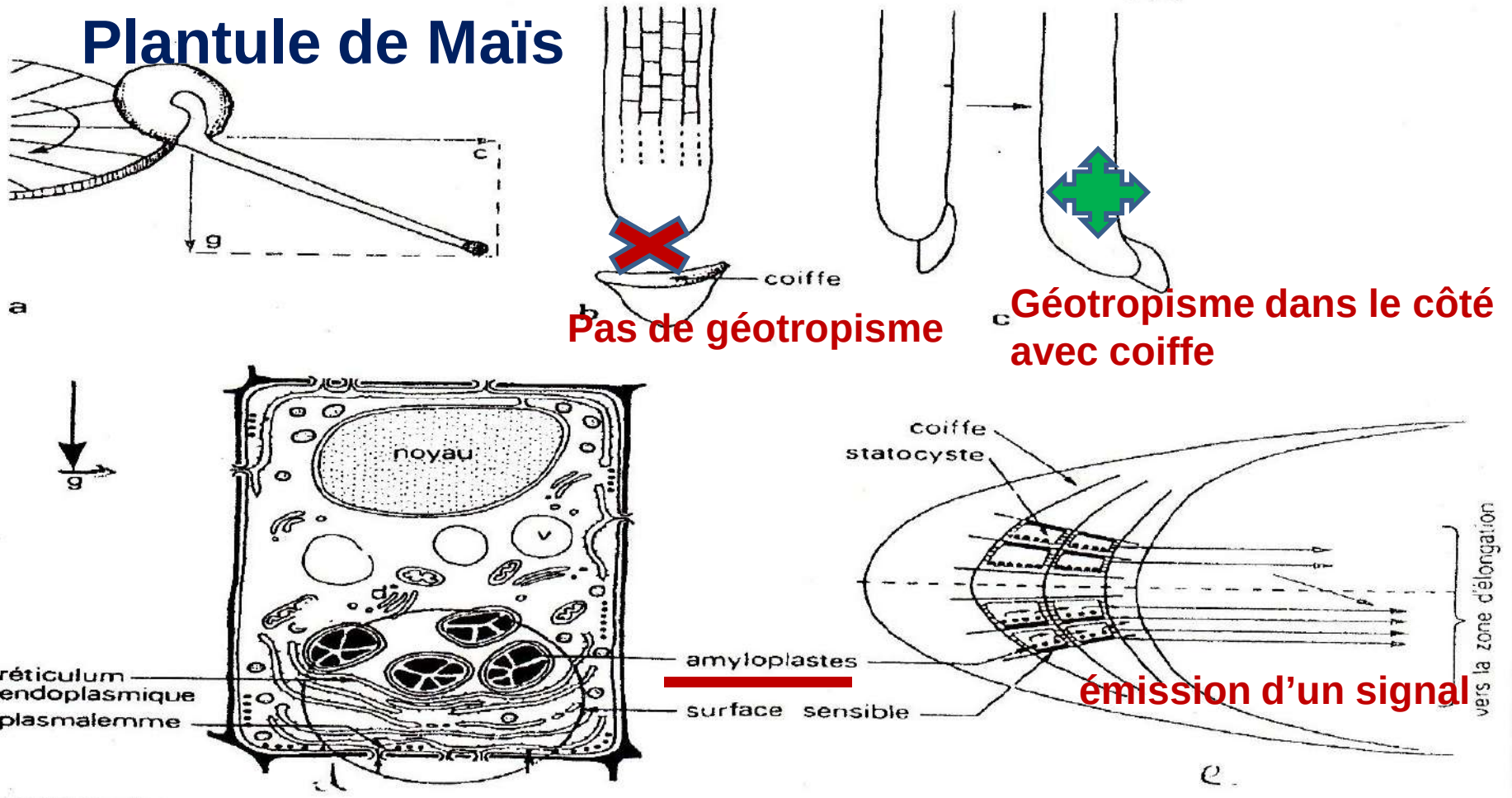
Réponse

Perception

Tableau 2 : Géo réception de différents organes des plantes (zones de perception et durée des différentes étapes)

organes	Zone de perception	Zone de réaction	Temps de stimulation	Temps de réaction	Exemples
Racines	Coiffe racinaire	Zone d'élongation De la racine	qq secondes - 12'' (cresson) - 18'' (fève)	45 mn à 4h	Maïs Pois Cresson Lentille Fève Tournesol
Tige	Bourgeon terminal (apex)	Bourgeon terminal (apex)	qq secondes	45' à plusieurs heures	- Tiges de graminées - Cresson
Coléoptile	apex	apex	qq secondes : 30'' (avoine)	45' à plusieurs heures	Avoine Maïs

Plantule de Maïs



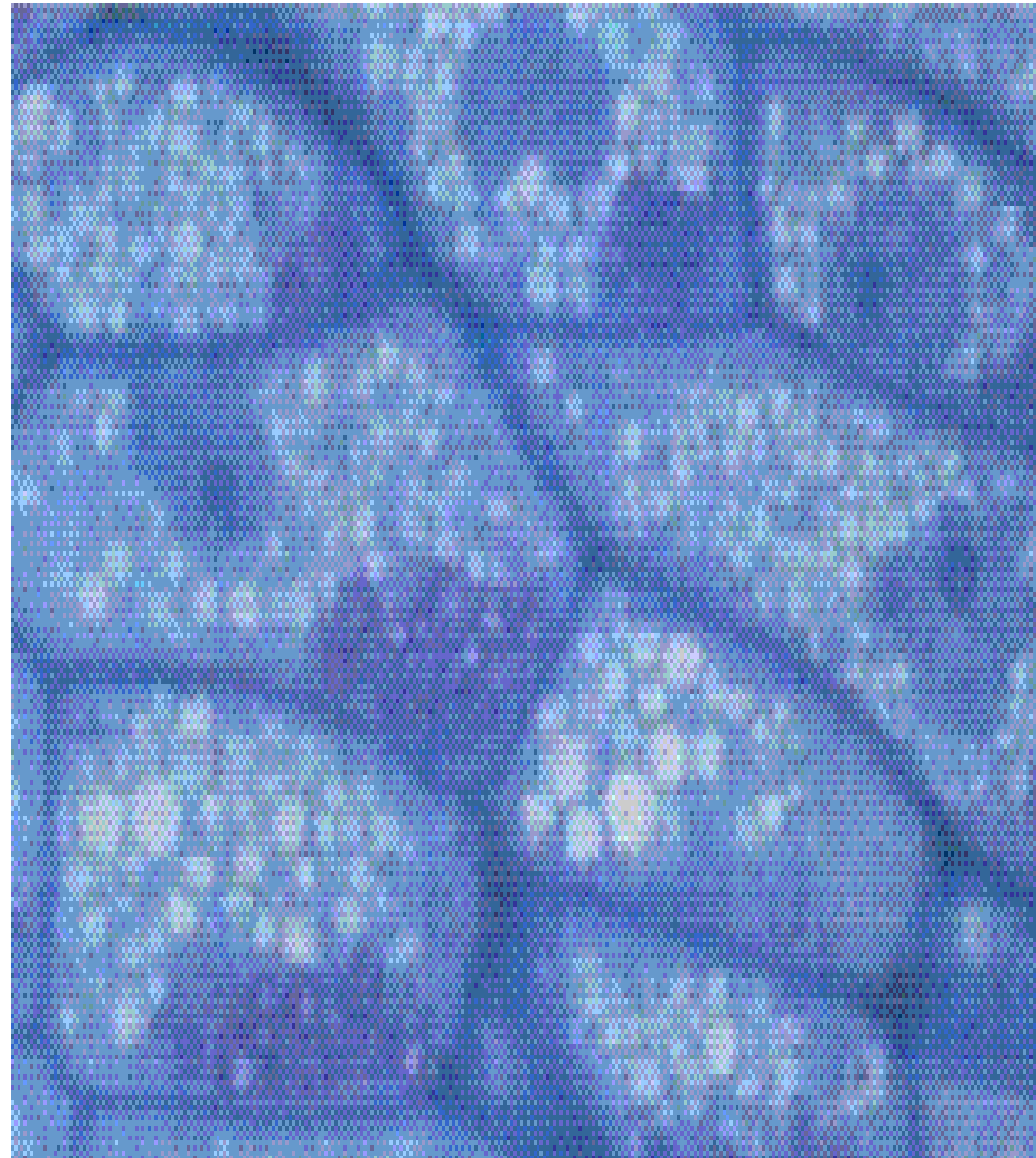
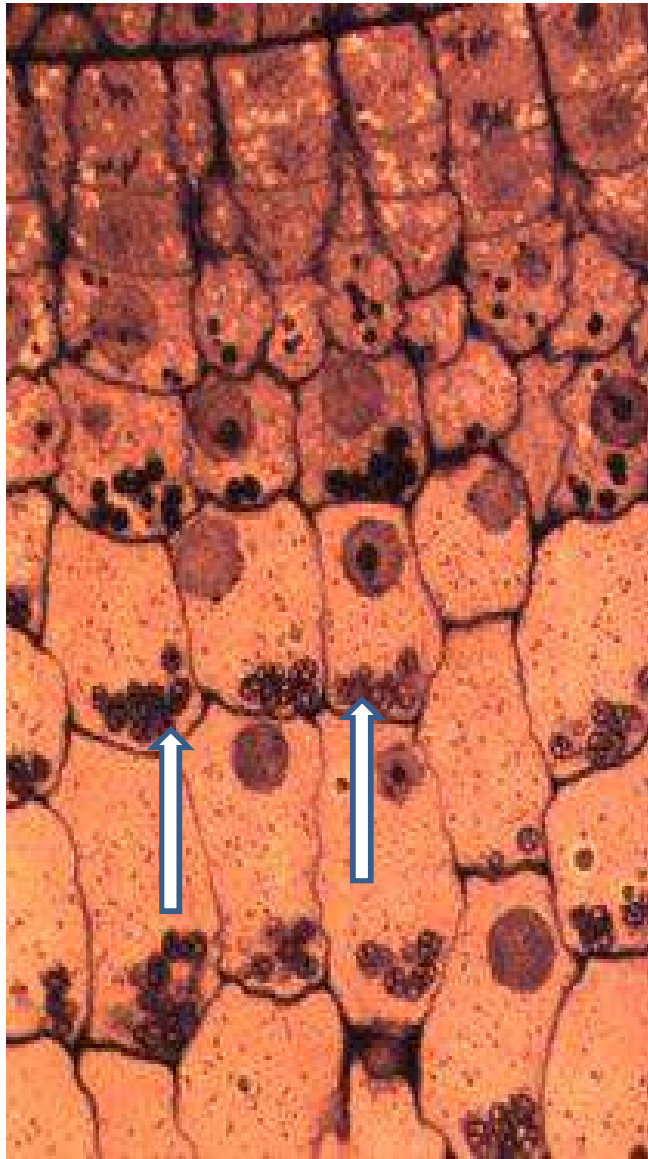
Sédimentation des amyloplastes

Fig 10: Rôle de la coiffe dans le géotropisme racinaire

Les cellules réceptrices sont riches en grains d'amidon qu'on appelle statolithes. Ces grains sont disposés sur la face basale des cellules réceptrices.

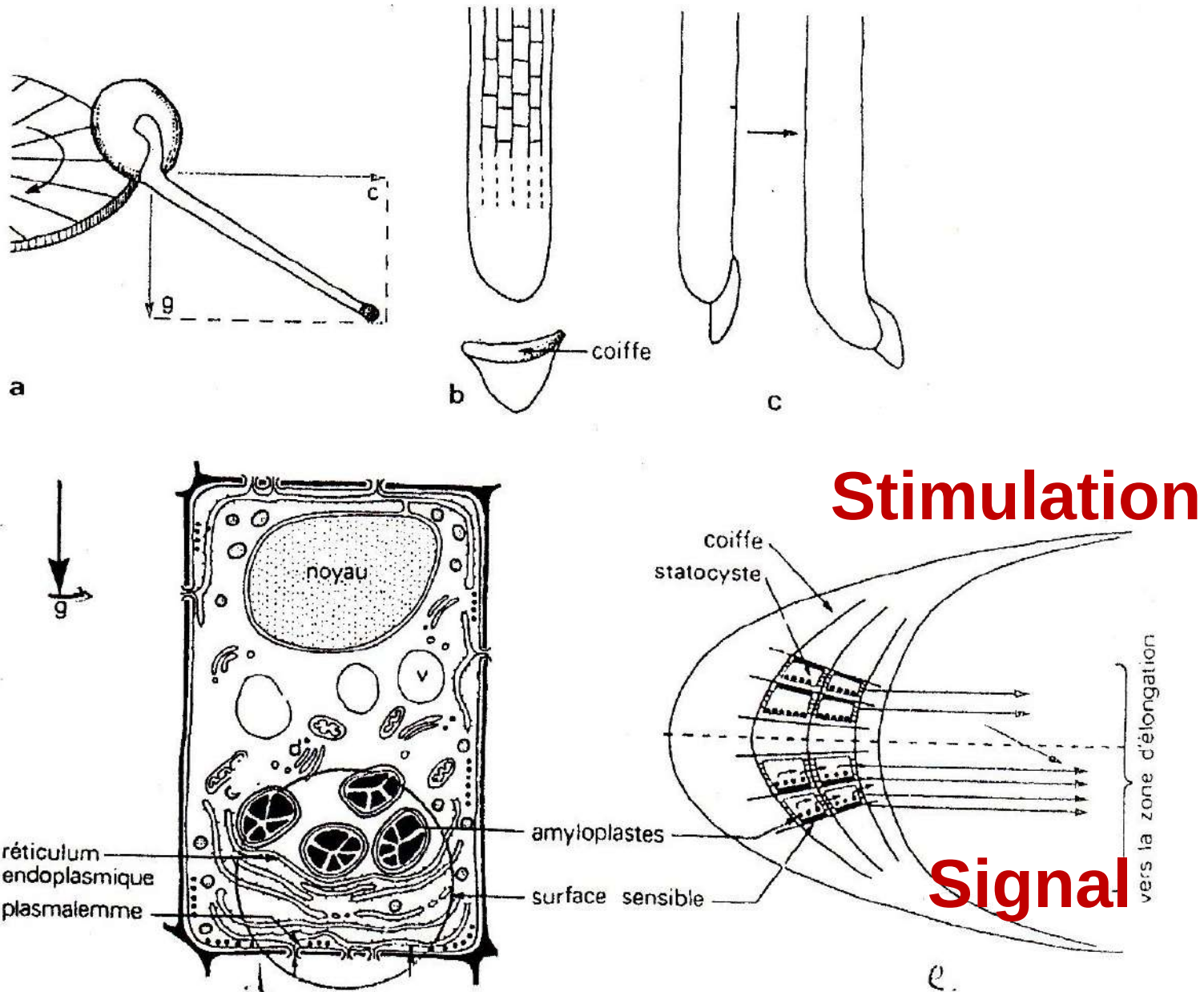
**Ils peuvent être soit libres
soit contenus dans des
amyloplastes.**

**Les cellules sont appelées :
statocytes**



Statoliths à la base des cellules réceptrices du géotropisme

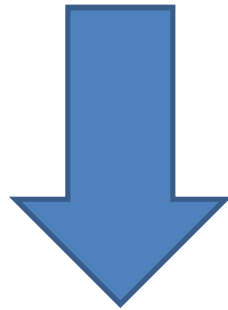
La stimulation de l'organe (ex la racine) provoque un changement dans la position des statoliths qui par la suite reprennent leur position basale: ceci crée un mouvement à l'intérieur de la cellule. Fig 9



Sédimentation des amyloplastes et changement de pression sur les autres organites

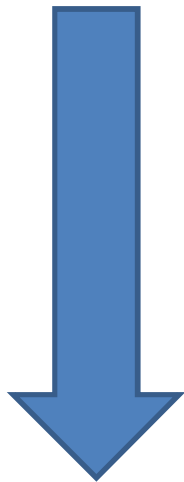
Fig : 10

 **crée un Changement de pression sur les autres organites cellulaires dont les membranes du réticulum endoplasmique: émission d'un signal**



**➡ Ouverture des canaux
membranaires qui laissent passer
des molécules de Calcium vers
l'intérieur des statocytes.**

Dans les statocytes le calcium peut s'associer à la calmoduline et déclencher un transport différentiel de l'auxine vers la face inférieure de l'organe

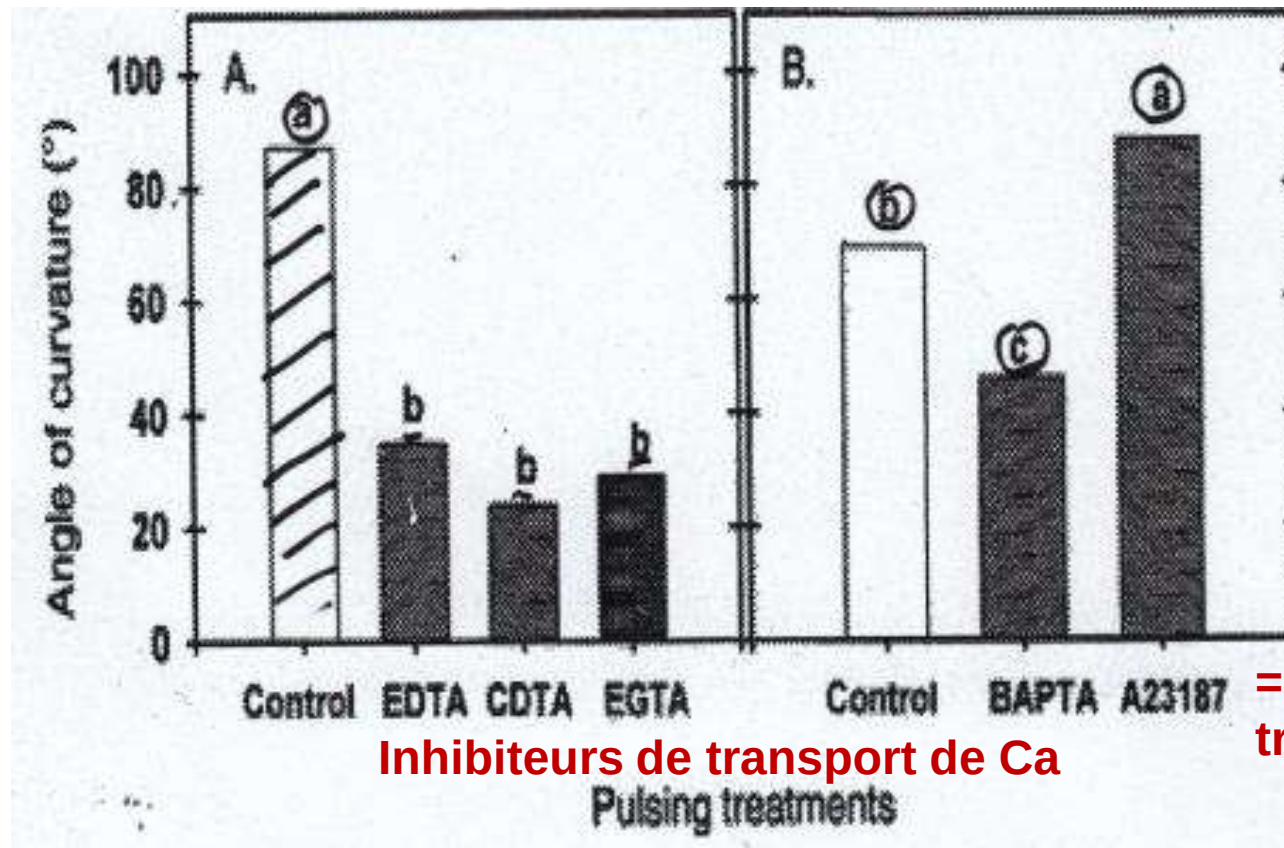


➤ **Pour la racine -----**
inhibition de la croissance de la
face inférieure ----- courbure vers
le bas

➤ **Pour la tige -----**
inhibition de la croissance de la
face supérieure-----courbure
vers le haut

→ Dans tous les cas il y a création d'une différence de croissance entre deux faces d'un même organe: courbure

- Des chélateurs de calcium comme l'EDTA inhibent la courbure géotropique des racines et des tiges (Fig 11).



Inhibiteurs de transport de Ca

= Activateur de transport de Ca

Fig 11: Effet de différents transporteurs de calcium sur la courbure des épillets d'*ornithogalum* .

2. Réponse géotropique

Rôle de l'auxine

Après stimulation géotropique les organes se courbent suite à une différence de croissance entre leurs faces supérieures et inférieures (Fig 12).

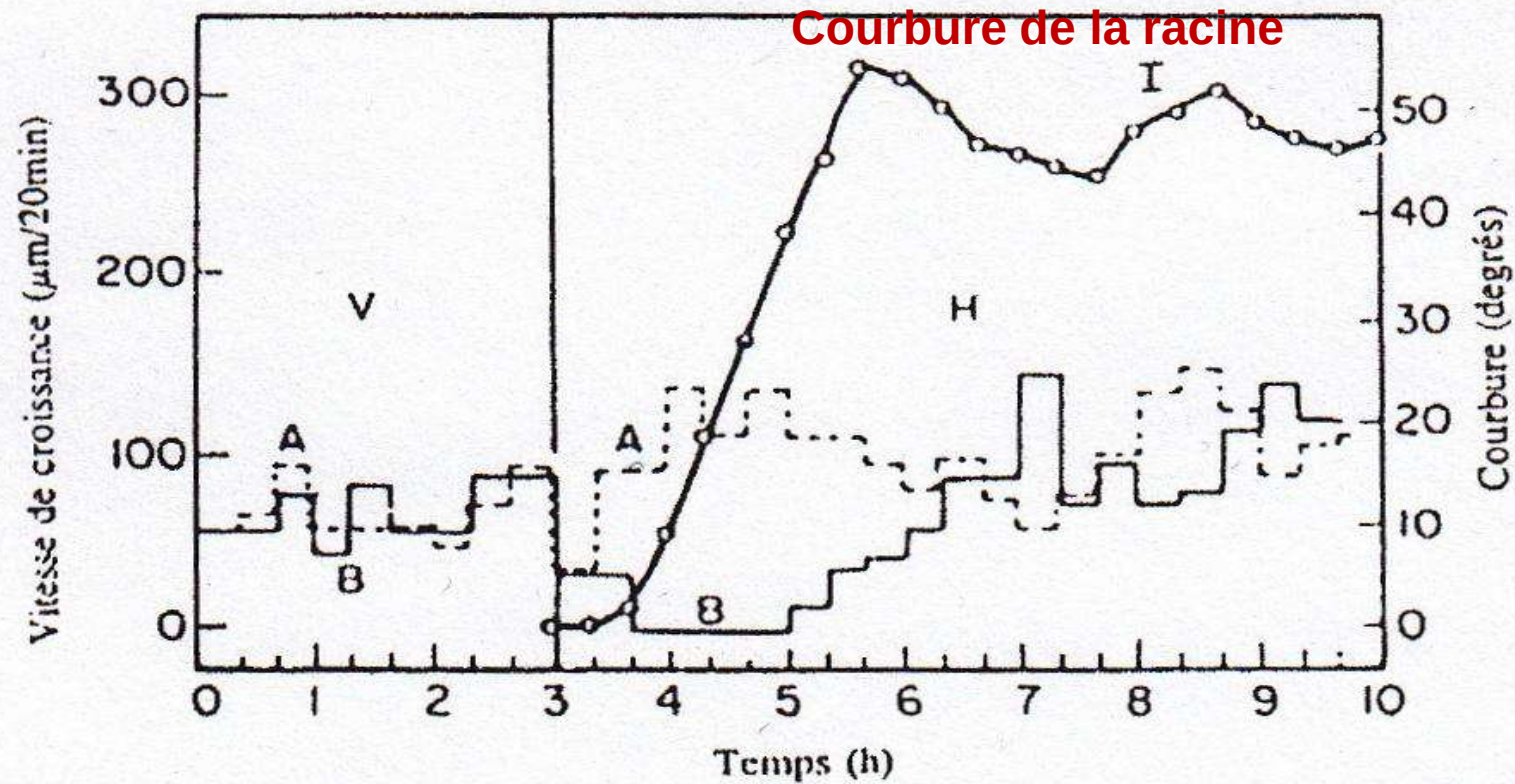


Fig : 12 Vitesse de croissance des deux faces d'une racine primaire de maïs placée d'abord en position verticale (V) pendant 3h puis en position horizontale (H) pendant 7h. A = face supérieure, B = face inférieure. I = courbure géotropique de la racine.

➤ **Redistribution de l'auxine entre les deux faces. Cette redistribution a été démontrée par :**

➤ **L'Utilisation d' auxine radioactive**

➤ **L'utilisation des inhibiteurs de transport de l'auxine (qui provoquent une inhibition du géotropisme.**

(voir des exemples en TD)

Chez Arabidopsis thaliana: on a identifié des gènes spécifiques qui codent pour la synthèse de protéines intervenant dans le transport de l'auxine: ces gènes s'expriment pendant le géotropisme



Transport différentiel de l'auxine

Stimulation  mouvement des
 statolithes  accumulation
du calcium qui s'associe à la
calmoduline  synthèses de 
protéines intervenant dans le transport
de l'auxine  transport et
redistribution de l'auxine
croissance inégale des deux faces
 **courbure**

➤ Rôle de l'acide Abscissique

- Suite à la géo-stimulation des racines:
L'acide abscissique synthétisé dans la coiffe racinaire peut se déplacer vers la zone d'élongation et inhiber la croissance de la face inférieure de la racine: **courbure vers le bas**

II. Les nasties

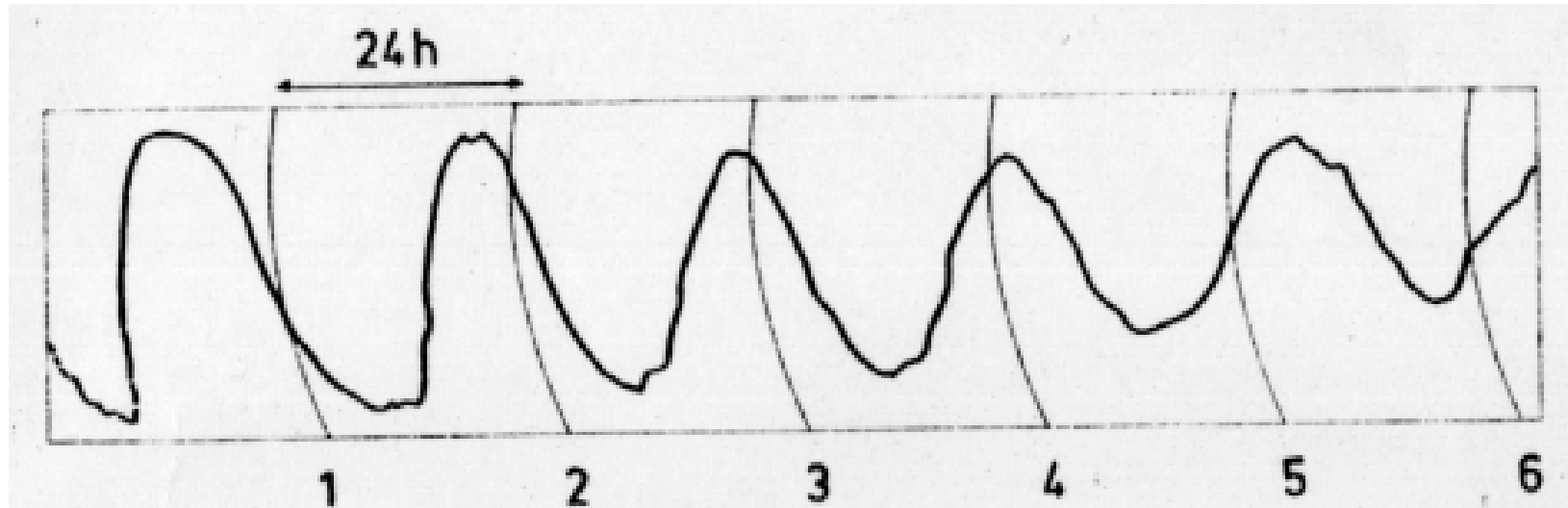
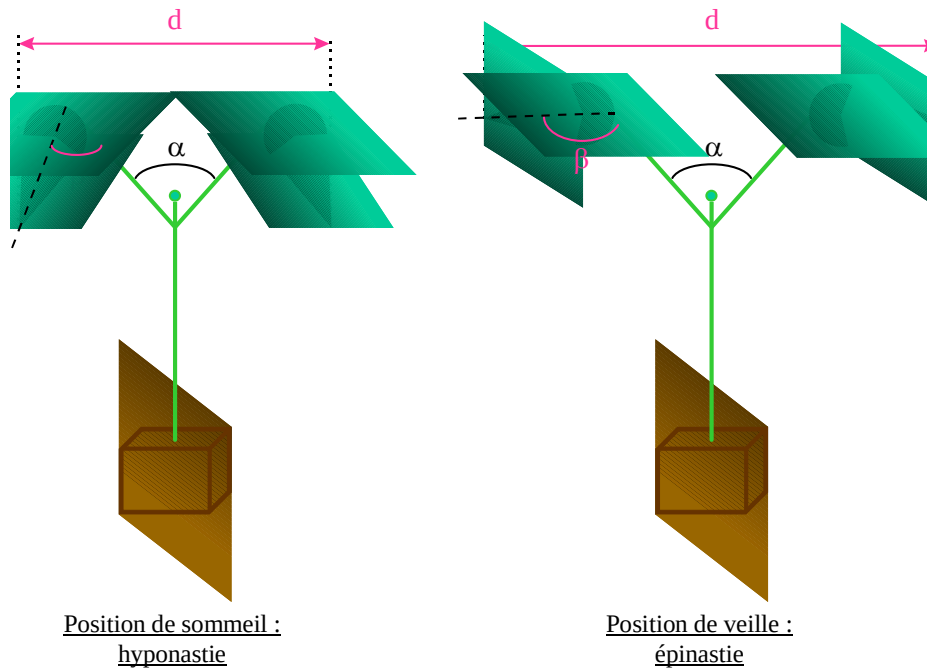
Deux types de nasties:

- nasties de turgescence**
- nasties de croissance**

A: Nasties de turgescence

**= mouvements dus à un
changement de turgescence
entre le jour et la nuit: les
organes gardent la même taille
entre deux mouvements:**

**certaines fleurs (composées)
et certaines feuilles (feuilles
de légumineuses ex
sensitive, trèfle, lupin,
haricot....)**



Mouvement de nastie chez les feuilles du haricot

Mouvement endogène déclenché par la lumière

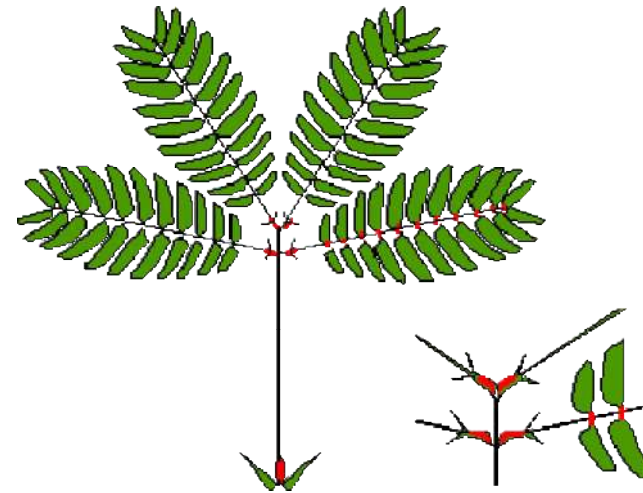
- Ces nasties sont déclenchées par les changements de lumière ou de température entre le Jour et la nuit

Ex : Mouvement des feuilles de sensitive (Fig 13):

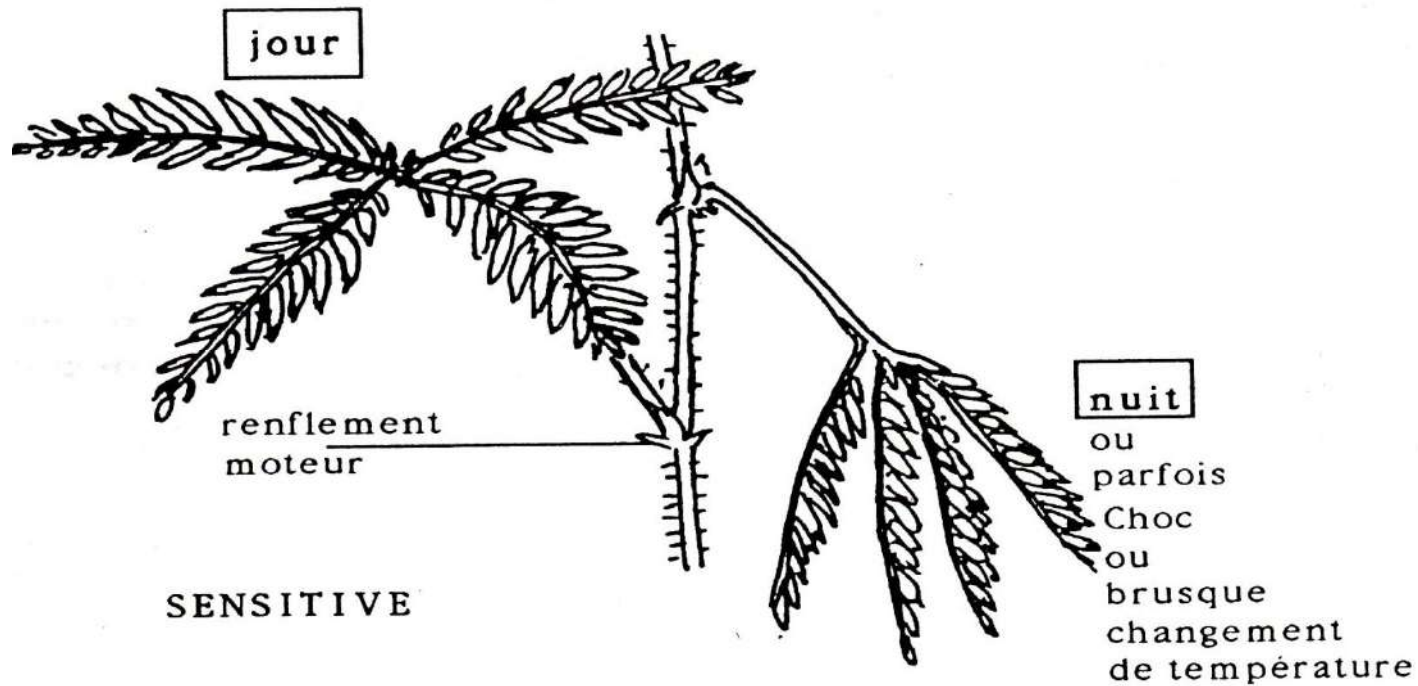
Sensitive (*Mimosa pudica*): renflement moteurs à la base des pétioles



Feuille de sensitive



**Détail du renflement moteur
au niveau des pétioles**



➤ Existence d'un renflement moteur à la base du pétiole dont la turgescence et dé-turgescence détermine le mouvement

Fig 11:

-👉 La turgescence des renflements moteurs du pétiole permet l'ouverture des folioles

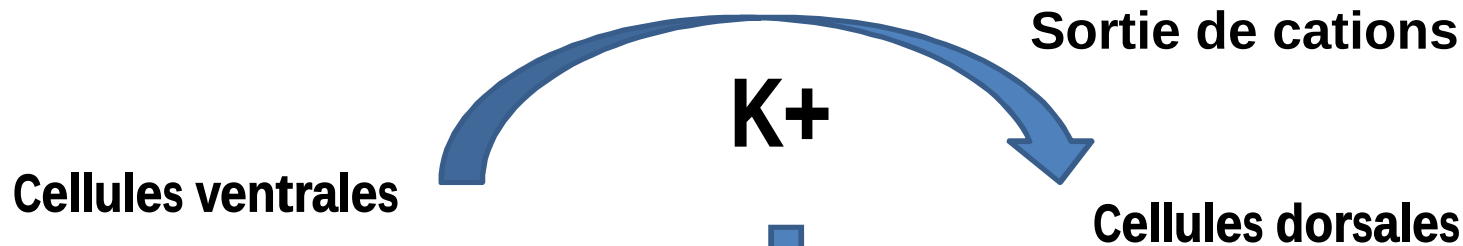
👉 La diminution de la turgescence de ces renflements provoque leur affaissement

Mécanismes:

La lumière favorise la formation du phytochrome P730 qui déclenche un changement dans la perméabilité membranaire:

 **ouverture de canaux ioniques** 
entrée de cations dans les cellules
ventrales du pétiole et turgescence
de ces cellules  **ouverture**

lors de la fermeture:



**Diminution de la pression osmotique et
déturgescence des cellules ventrales**

Affaissement du pétiole

Fermeture des feuilles

Schéma expliquant la fermeture des feuilles de sensitive pendant la nuit

B- Nasties de croissance

= mouvements dus à des changements dans les vitesses de croissance des faces $>$ et $<$ d'un organe: c'est un phénomène de croissance:

**les organes augmentent de taille
entre un mouvement et l'autre.**

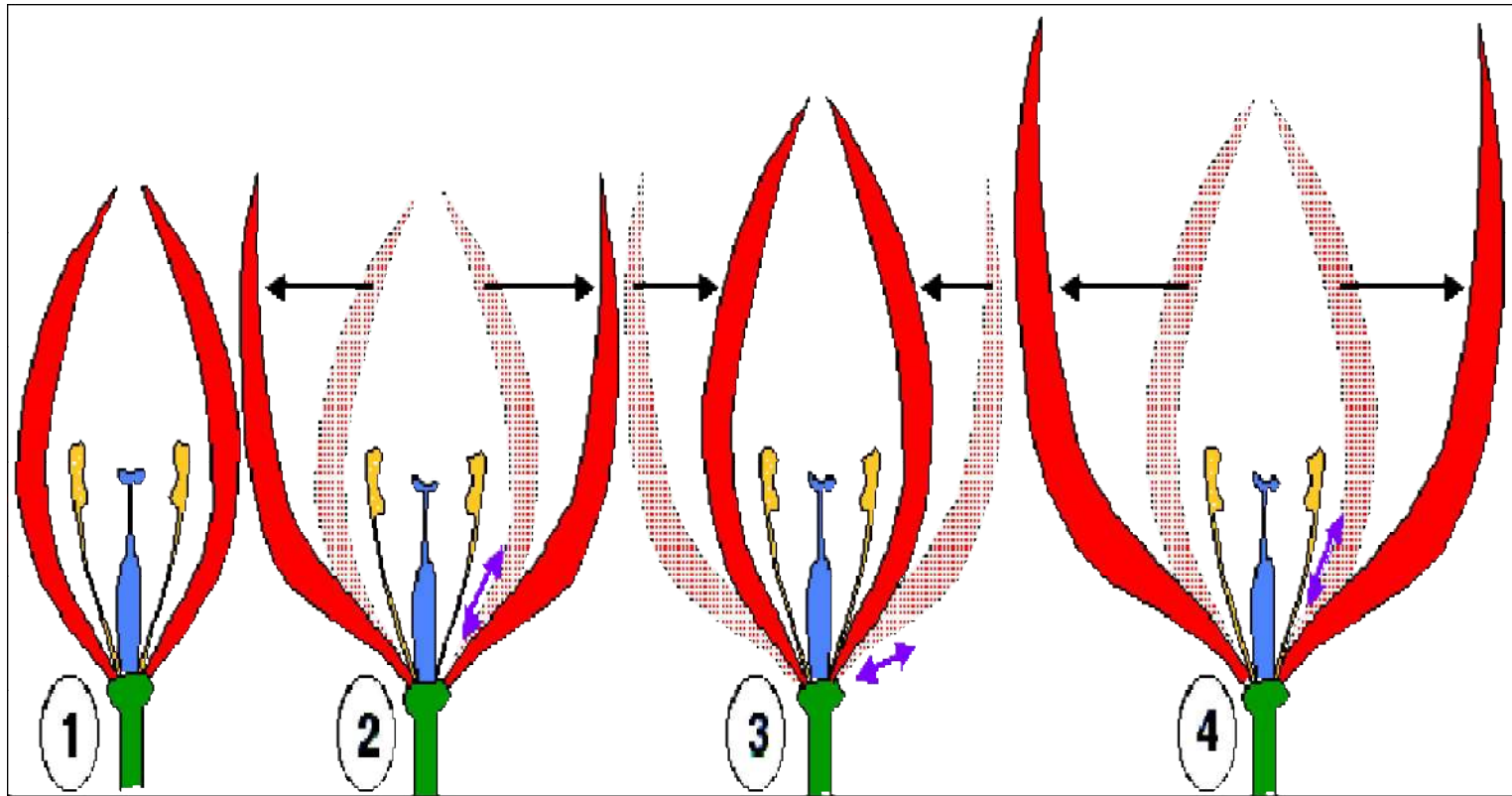


Fig 13 : Mouvement de nastie chez la fleur de tulipe : taille plus grande de la fleur à chaque mouvement

- Si la face $>$ croît plus vite que la face $<$: les feuilles s'abaissent ex hyponastie des feuilles de la tomate
- Si la face $<$ croît plus vite que la face $>$: les feuilles s'enroulent vers le haut: épínastie : ex chez le haricot



Feuilles de tomate

2.1: Les Photonasties:

= nasties déclenchées par la lumière

**Ex ouverture de la crosse des
hypocotyles des légumineuses:
Cas du Haricot et du Soja (Fig
12)**

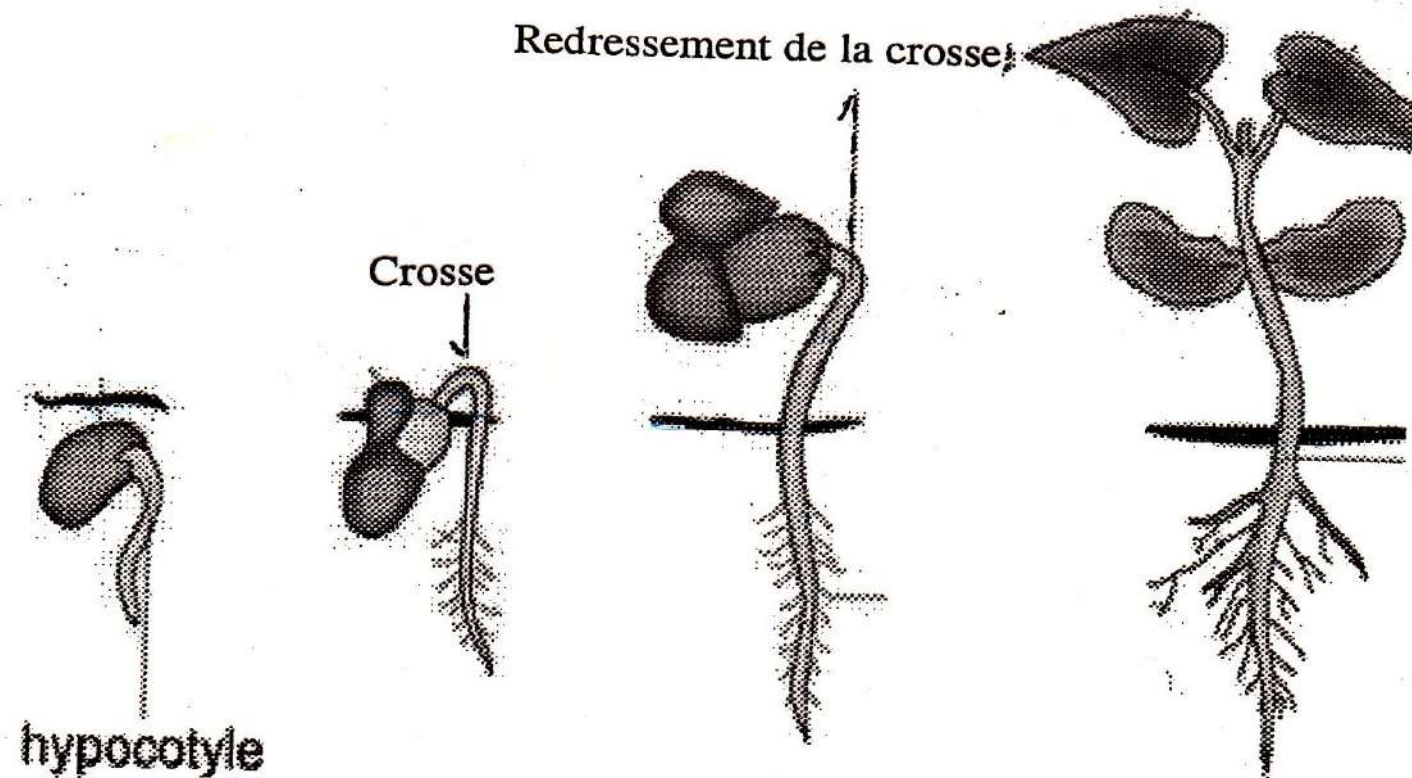


Fig 142: Photonastie : redressement d'un hypocotyle du Haricot

Lumière

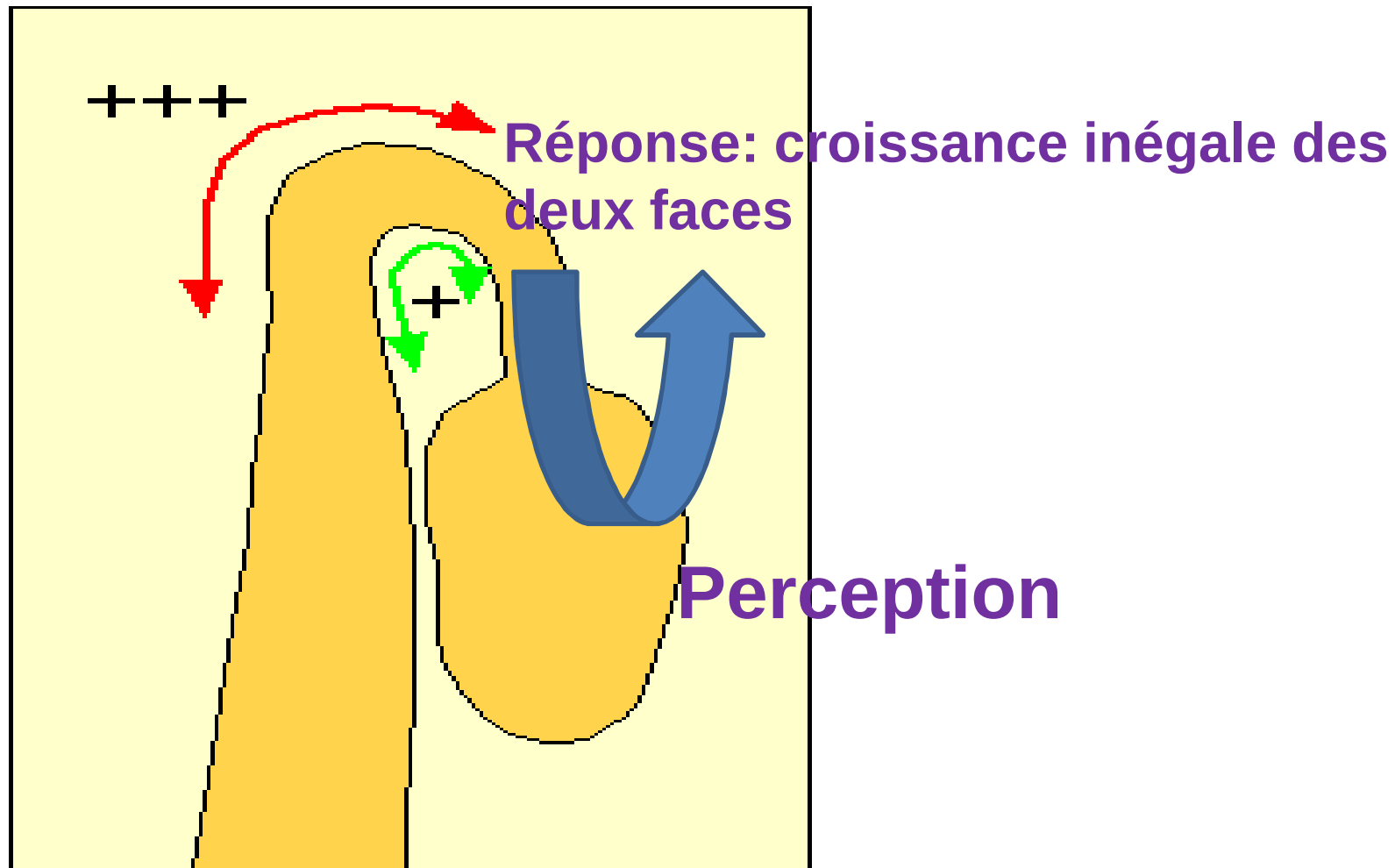


Fig 13

La lumière agit qu'elle soit latérale ou homogène !!!

Mécanismes

Le redressement de la crosse est dû à une croissance plus importante de la face interne par rapport à la face externe sous l'effet de la lumière.

**-Même résultat quelque soit l'orientation de l'éclairement: homogène ou latéral.
(C'est différent du tropisme).**

**L'éthylène favorise l'installation de la
crosse et peut même provoquer
d'autres . Les inhibiteurs de la synthèse
de l'éthylène favorisent le
redressement**

-L'auxine inhibe l'ouverture de la crosse en favorisant la synthèse de l'éthylène.

- Les gibberellines et les cytokinines ont en général un rôle favorable au redressement de la crosse.



Effet de l'éthylène sur les nasties des crosses de soja

En résumé: Le signal lumineux reçu par le phytochrome déclenche un

changement dans l'équilibre hormonal entre les deux faces interne et externe de l'hypocotyle :

croissance plus rapide de la face interne/ face externe donc :

redressement de la crosse

2. Thermonasties: nasties déclenchées par la température

- **Existent Chez de Nombreuses fleurs: ouverture le jour et fermeture la nuit**
Ex certaines composées, la tulipe, Crocus, roses,
ex de la tulipe fig 14
- **Quelques cas : ouverture la nuit et fermeture le jour: ex *Mirabilis jalapa***

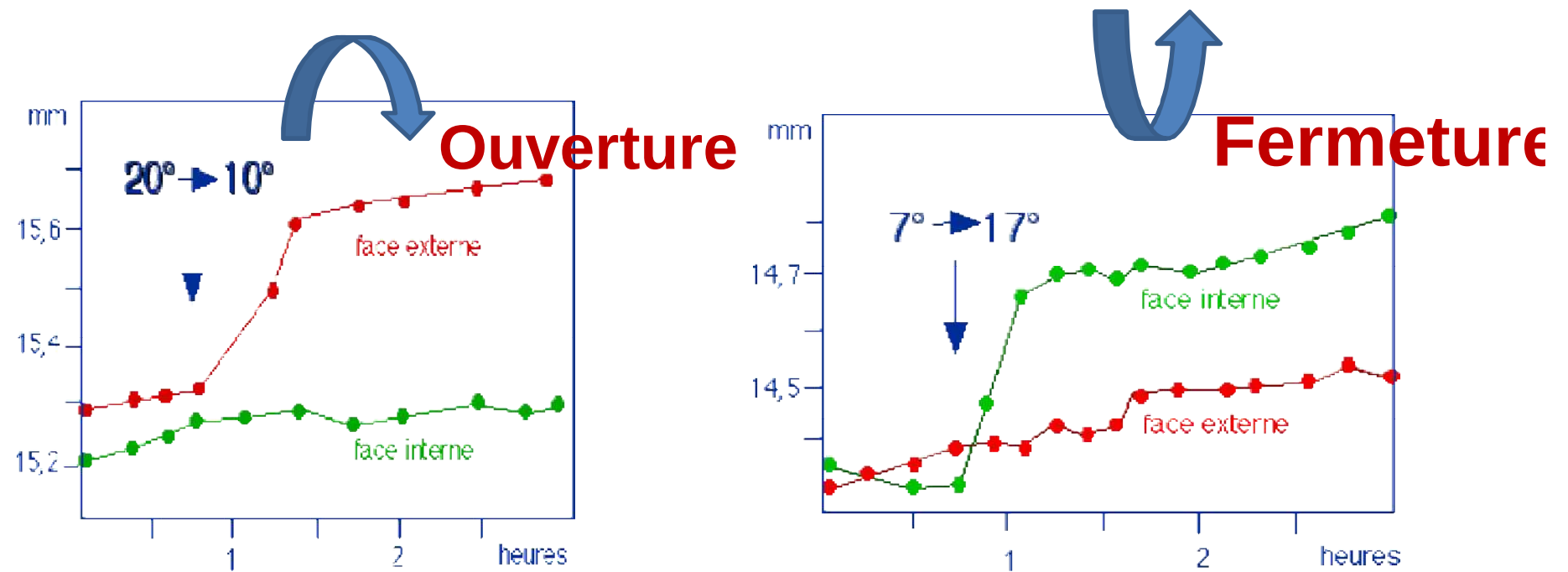


Fig 14 : Mécanisme d'ouverture et de fermeture de la fleur de tulipe

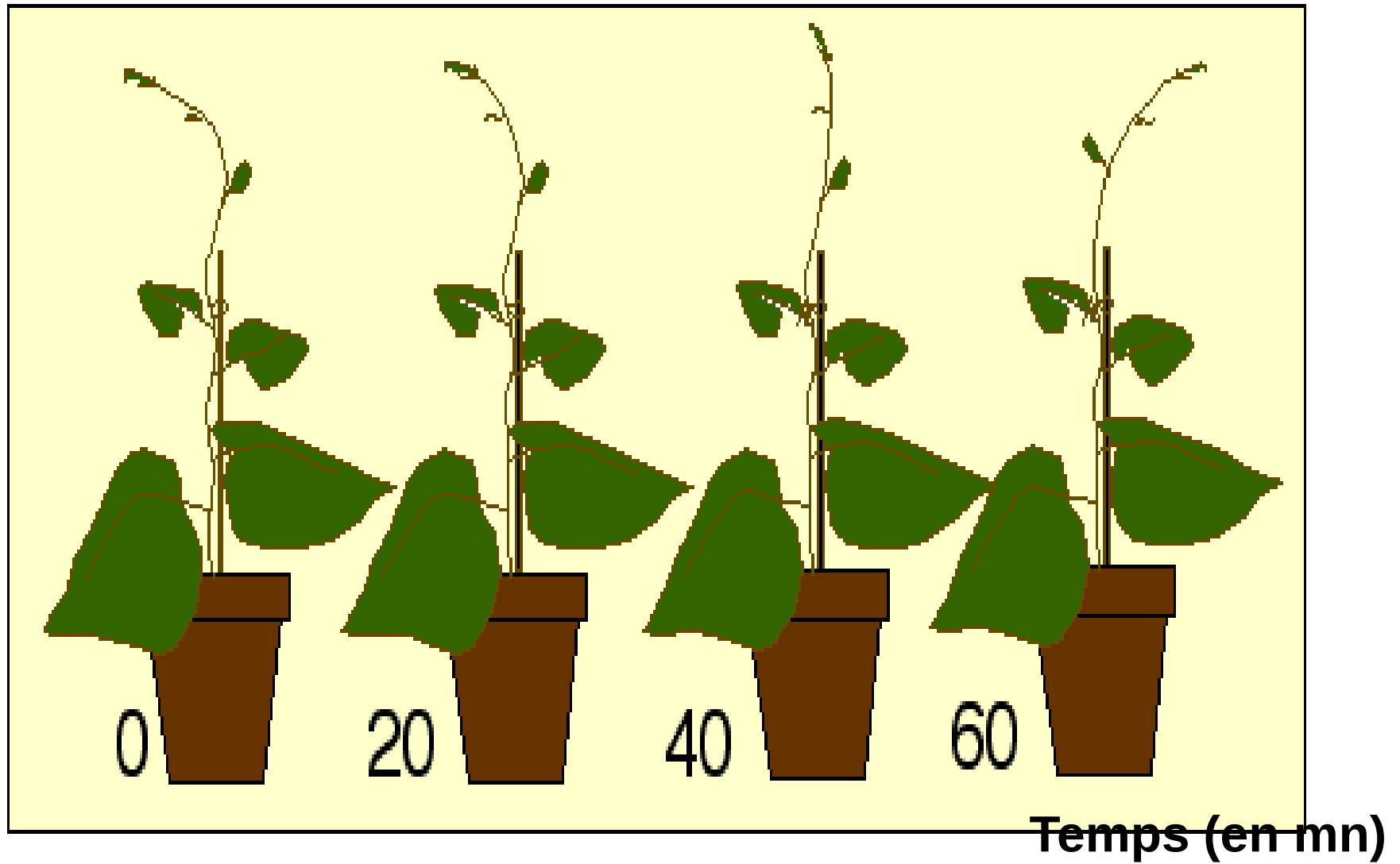
Les deux faces se comportent différemment vis-à-vis de la lumière: différence structurale

Thigmonasties : en réponse à un choc:
Mouvements très rapides (sensitive)

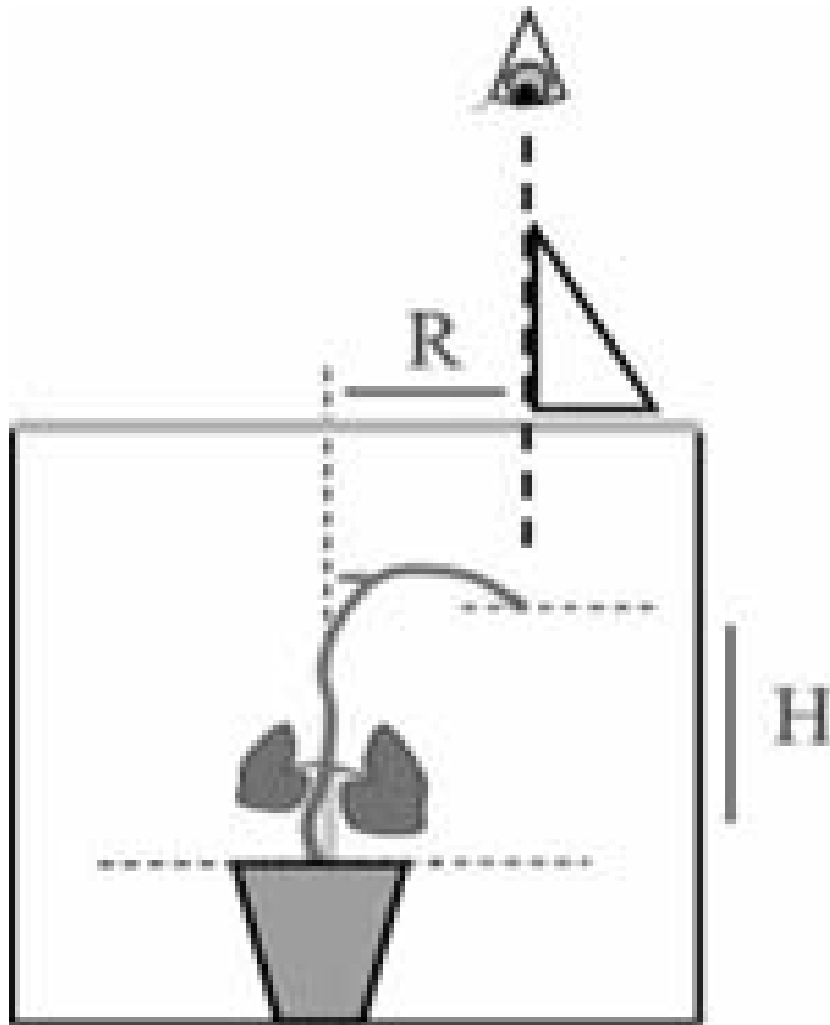
Hydronasties : en réponse au degré
d'hydratation du milieu. L'ouverture et la
fermeture des stomates correspondent à un
cas particulier de ces mouvements

III Les Mutations

= Mouvements d'un organe qui s'incline périodiquement selon des orientations différentes dans l'espace: ex plantes volubiles; apex des racines du maïs et apex des tiges du haricot



Mouvement de l'apex de tige du haricot



**Ex mouvement de
l'extrémité de la tige du
Haricot**

👉 **Dispositif expérimental pour mesurer les mouvements de la tige du haricot**

👉 **Prises d'images numériques**

Il s'agit de plusieurs courbures de différentes directions.

Ces courbures peuvent avoir des:

- Amplitudes différentes**
- Formes différentes**
- Sens différents (vers la gauche, vers la droite..)**
- Vitesses de croissance différentes**

Leurs orientations sont d'origine génétique mais modulées par les conditions de l'environnement.

👉 Les mutations peuvent se produire indépendamment des facteurs externes: elles sont spontanées et entretenues.

Mécanisme :

**Il s'agit de Variations dans les vitesses
de croissance d'un côté à l'autre
Expliquées par des:**

**- variations périodiques dans les flux de
l'AIA provenant du méristème apical.**

(Prédéfinis génétiquement)

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

