l'obliquité du tamis, chaque racine se trouve inégalement exposée à l'humidité : la face voisine de la mousse humide y est fortement exposée, la face opposée est en contact avec un air relativement sec. Dans ces conditions, la racine se porte vers la région la plus humide; elle infléchit sa pointe et la fait pénétrer dans la mousse. Puis, la racine étant également exposée sur toutes ses faces à l'humidité, le géotropisme reprend ses droits : la racine suit, de nouveau, une direction verticale et sort du tamis. Elle y rentre plus tard, puis en ressort de nouveau et ainsi chaque racine finit par décrire, à travers les mailles du tamis, une sorte de courbe sinueuse. Cette expérience met en évidence l'hydrotropisme positif de la racine. On peut se l'expliquer en admettant que l'humidité exerce une action retardatrice sur la croissance de cet organe. Dans les conditions naturelles, l'hydrotropisme vient ajouter son action à celle du géotropisme pour imprimer à la racine sa direction caractéristique. — La tige paraît posséder en général un hydrotropisme négatif : l'humidité exerce sur sa croissance un effet d'accélération.

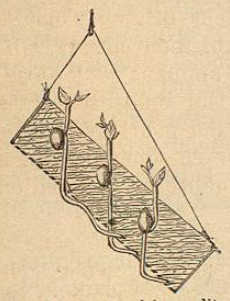

Fig. 275. — Expérience dite « du tamis incliné ».

Autres exemples. — Diverses expériences mettent aussi en évidence l'effet retardateur qu'exerce la pression sur la croissance de quelques organes. Si on oppose (*fig.* 276) à la région de croissance d'une racine (R) un obstacle rigide (A), la surface de la racine devient concave sur la face en contact avec cet obstacle. Si le corps est cylindrique, la racine l'entoure et s'enroule autour de lui en décrivant une hélice; s'il est aplati, si c'est par exemple une lame de verre, la racine s'applique étroitement contre lui et rampe à sa surface.

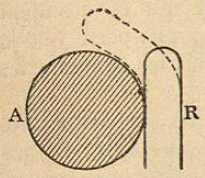

Fig. 276. — Flexion d'une racine (R) au contact d'un obstacle (A) (schéma).

Mouvements d'organes ayant achevé leur croissance. — Les divers mouvements que nous venons de passer en revue (nutation, déplacements dus au géauxisme ou au photauxisme, etc.) sont la conséquence directe des phénomènes de croissance. Outre qu'ils se produisent généralement avec une extrême lenteur, leur origine s'oppose donc à ce qu'on puisse les comparer aux mouvements, provoqués ou spontanés, dont le corps des animaux est le siège. Mais parmi les facteurs qui exercent leur influence sur les phénomènes de croissance, il en est qui poursuivent leur action après que la croissance est achevée, quand l'organe est complètement développé. De ce nombre est la radiation lumineuse.

Phototactisme. — Les mouvements que provoque la lumière dans le corps des plantes peuvent se présenter sous deux formes différentes, suivant que le protoplasme est nu ou enveloppé d'une membrane de cellulose.

Les corps protoplasmiques nus éprouvent, sous l'action de la lumière, des déplacements d'ensemble. Si on dirige une lumière diffuse, d'une intensité moyenne, sur un récipient en verre contenant des cellules de Diatomées, des filaments d'Oscillaires, des zoospores d'Algues, on voit en général ces corpuscules microscopiques se déplacer dans l'eau, en suivant une marche compliquée, de manière à se rapprocher de la source lumineuse. Si on augmente artificiellement l'intensité de celle-ci, on voit s'arrêter les mouvements des corps protoplasmiques; puis le mouvement se manifeste en sens inverse : les corps protoplasmiques fuient la lumière. Il faut conclure de là que les corps protoplasmiques libres réagissent par des déplacements contre la lumière qu'ils reçoivent : suivant l'intensité de la source lumineuse, ils sont attirés ou repoussés par elle; il existe une valeur optima de cette intensité pour laquelle l'attraction passe par une valeur maxima. On désigne du nom de *phototactisme* cette propriété du protoplasme.

Quand le corps protoplasmique fait partie d'un organisme

plus volumineux et plus complexe, quand il est enfermé, par exemple, dans une membrane de cellulose, le phototactisme se manifeste simplement par des mouvements ou des déformations internes de la masse protoplasmique. Considérons, pour prendre un exemple simple, une Algue filamenteuse du genre *Mesocarpus* (*fig.* 277). On sait que, dans un filament de cette plante, chaque cellule contient un corps chlorophyllien unique et volumineux, en forme de lame passant par l'axe de la cellule. Exposée à une lumière diffuse, on voit dans chaque cellule (B) le corps chlorophyllien (*b*) se déplacer jusqu'à ce qu'il se présente de face aux rayons lumineux : il prend alors la *position de face*. Si on expose pendant quelque temps le filament à une lumière très forte (A), on voit le corps chlorophyllien (*a*) pivoter sur lui-même et se présenter de profil aux rayons lumineux; c'est la *position de profil*.

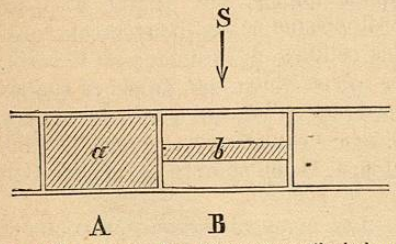

Fig. 277. — Action d'un éclairement unilatéral sur un filament de *Mesocarpus* (schéma). — En A, l'éclairement est très intense; en B, il est d'intensité moyenne. — S, source lumineuse; *a*, *b*, les corps chlorophylliens des cellules A et B.

Ce n'est pas le corps chlorophyllien qui s'est déplacé de lui-même pour prendre ces positions successives; c'est le protoplasme, au sein duquel il est plongé, qui a réagi contre la lumière et l'a entraîné avec lui. Ici encore, on voit, par ce qui précède, qu'il existe un optimum d'intensité lumineuse pour lequel le protoplasme donne au corps chlorophyllien la position de face; si l'intensité de la source lumineuse vient à s'élever au-dessus de cette valeur optima, le protoplasme donne au corps chlorophyllien la position de profil.

Considérons ensuite une feuille formée d'une seule assise de cellules, comme la feuille des Mousses, ou de deux assises, comme la feuille d'*Elodea Canadensis*, ou d'un très petit nombre d'assises, comme la feuille de *Lemna* (*fig.* 278), et

supposons qu'on fasse tomber sur une des faces de cette feuille un faisceau de rayons lumineux : si l'intensité de la lumière est faible, les corps chlorophylliens inclus dans le protoplasme pariétal sont entraînés par lui au voisinage des deux faces opposées de la feuille : c'est la position de face (*a*). Si l'intensité de la lumière devient très forte, le protoplasme se déplace à l'intérieur des cellules et, entraînant avec lui les corps chlorophylliens, il les masse contre les cloisons de séparation des cellules qui sont perpendiculaires à la surface de la feuille; c'est la position de profil (*b*).

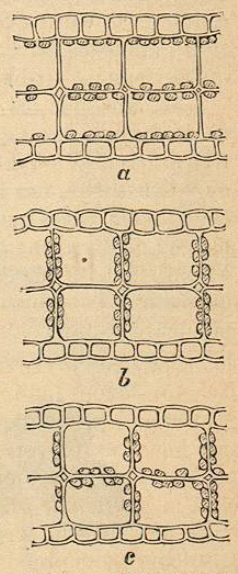

Fig. 278. — Différentes positions des corps chlorophylliens dans une feuille de Lentille d'eau (*Lemna*) recevant un éclairement faible (*a*), fort (*b*), moyen (*c*).

Dans les feuilles d'organisation plus complexe, formées d'un grand nombre d'assises cellulaires, les mêmes phénomènes se produisent sans doute : sous l'influence d'une lumière d'intensité moyenne, les corps chlorophylliens viennent se présenter de face à la lumière; sous l'action d'une lumière intense, ils se portent le long des cloisons perpendiculaires à la surface foliaire. Pendant le jour, les feuilles reçoivent, en général, une lumière d'intensité moyenne perpendiculairement à la surface de leur limbe, et leurs corps chlorophylliens prennent la position de face, qu'on peut appeler dès lors *position diurne*. Vers le soir, l'éclairement devenant oblique, les corps chlorophylliens prennent la position de profil, qu'on peut aussi appeler *position nocturne*.

L'utilité du phototactisme n'échappera à personne. Il a évidemment pour effet d'amener l'organisme à une position ou à un état interne qui réalise les conditions les plus

favorables à sa vie. Ici encore, la radiation règle la radiation.

Mouvements nyctitropiques. — Les mouvements provoqués par la radiation lumineuse ne se bornent pas toujours à des déplacements de corps microscopiques ou à des changements de distribution du protoplasme à l'intérieur des cellules. On voit parfois des organes volumineux exécuter, sous l'influence de la radiation, des mouvements d'ensemble qui deviennent visibles à l'œil nu.

C'est ainsi que les feuilles d'un grand nombre de plantes de la famille des Légumineuses affectent des dispositions très différentes suivant qu'elles sont exposées à la lumière ou à l'obscurité. Ces feuilles sont, comme on le sait, généralement composées : un pétiole commun supporte un nombre plus ou moins grand de folioles. Quand la feuille est exposée à la lumière, les folioles sont épanouies; si on les porte brusquement à l'obscurité, les folioles se rapprochent et s'appliquent les unes contre les autres. Chez le Trèfle, la Luzerne, la Vesce, les folioles se rapprochent par leurs faces supérieures

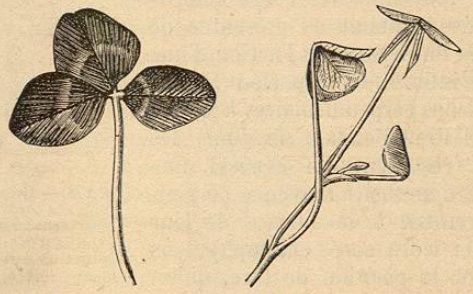

Fig. 279. — Une feuille de Trèfle dans la position diurne (à gauche) et dans la position nocturne (à droite).

(*fig.* 279); c'est le cas le plus fréquent. Chez le Lupin, le Robinia, elles se rapprochent par leurs faces inférieures. Parfois le mouvement se complique parce qu'au déplacement des folioles s'ajoute celui du pétiole primaire. Un des exemples les plus

complexes qu'on puisse citer est celui que fournit la Sensitive (*Mimosa pudica*). La feuille de la Sensitive (*fig.* 280) possède un pétiole primaire qui porte latéralement deux paires de pétioles secondaires; chacun de ceux-ci soutient à son tour de quinze à vingt-cinq paires de folioles disposées sur deux rangs à la façon des barbes d'une plume, suivant le mode penné en un mot. Quand la feuille passe brusquement de la lumière à l'obscurité, le pétiole primaire, jusque-là dressé vers le ciel, s'abaisse vers la terre; les quatre pétioles secondaires se rapprochent en une sorte de faisceau; sur chacun d'eux, les folioles opposées se rapprochent deux à deux, se tournant en haut et en avant. On désigne la position que prend la feuille exposée à la lumière sous le nom de *position diurne* ou *de veille*; la *position nocturne* ou *de sommeil* est celle que prend la feuille à l'obscurité. C'est, en général, par une série d'oscillations que la feuille passe de la position diurne à la position nocturne. L'ensemble de ces mouvements est qualifié de *mouvements nyctitropiques*.

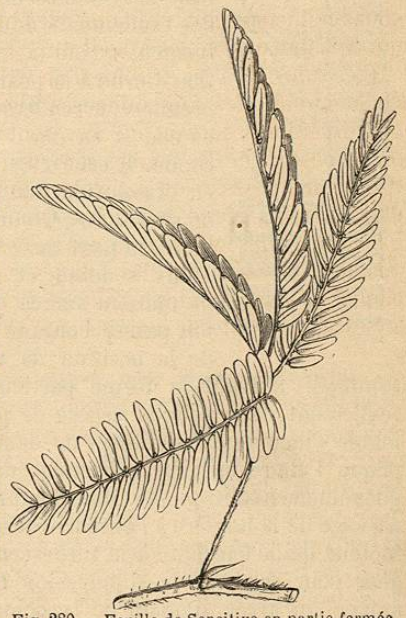

Fig. 280. — Feuille de Sensitive en partie fermée.

A quoi servent les mouvements que provoque l'obscurité dans les feuilles? On peut remarquer, pour le comprendre, qu'ils ont toujours pour effet de diminuer la surface totale de

l'appareil foliaire, par laquelle la plante rayonne et perd de la chaleur. Il est donc vraisemblable d'admettre que le mouvement nyctitropique permet à la plante de se protéger contre le refroidissement nocturne.

Quel est le mécanisme de ce mouvement? On peut remarquer (*fig.* 281) qu'il existe toujours, à la base des folioles ou des pétioles mobiles, des renflements dont l'aspect varie sensiblement quand la feuille passe de la position diurne à la position nocturne. Dans la première, le renflement est flasque, pauvre en eau et en matière sucrée. Dans la seconde, il est rigide, gonflé d'eau qui tient en dissolution une quantité considérable de sucre, *turgescent*, comme on dit en un mot. On peut donc admettre que c'est un afflux soudain et considérable d'eau et de matière sucrée dans ce renflement qui fait passer l'organe dont il occupe la base de la position de veille à la position de sommeil. Suivant la forme particulière que présente le renflement dans chaque espèce de plante, le pétiole ou la foliole s'incurve dans un sens ou dans l'autre, et ainsi s'explique l'allure spéciale que revêt, dans chaque espèce, le phénomène nyctitropique. Mais comment comprendre que le passage de la lumière à l'obscurité fasse passer le renflement moteur de la flaccidité à la turgescence? Il suffit de remarquer pour cela que la suppression brusque de la lumière amène un arrêt soudain de la chlorovaporisation : toute l'eau qui se rendait à la feuille pour s'y vaporiser et se répandre dans l'atmosphère, s'arrête dès lors dans le renflement moteur et en provoque la turgescence. Si on remarque, de plus, que c'est dans la journée, sous l'influence de la lumière, favorable à l'assimilation chlorophyllienne, que s'élabore la matière sucrée, on comprend que celle-ci se soit accumulée en grande quantité, vers la fin du jour, dans le renflement moteur : douée d'un pouvoir osmotique considérable, la matière sucrée attire et retient fortement l'eau, contribuant ainsi à augmenter la turgescence du renflement moteur.

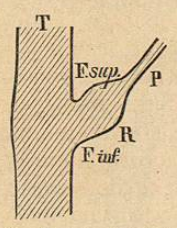

Fig. 281. — Renflement moteur à la base d'une feuille (schéma).— T, tige; P, pétiole; R, renflement moteur; F.*sup.*, sa face supérieure; F.*inf.*, sa face inférieure.

Chez la Sensitive, les alternatives naturelles du jour et de la nuit provoquent des mouvements assez compliqués et un peu différents de ceux que provoque dans la journée la suppression artificielle de la lumière. Pendant le jour, les folioles sont étalées; pendant la nuit, elles se replient les unes contre les autres; mais le pétiole primaire est toujours en mouvement : abaissé le soir, il commence à se relever avant minuit et est fortement redressé aux approches de l'aurore; au lever du soleil, il s'abaisse brusquement et poursuit ce mouvement jusqu'au soir. Il semble donc que l'apparition brusque de la lumière produise, au début de la journée, le même effet que sa suppression brusque et artificielle au milieu du jour. On ne pourrait s'expliquer, et encore assez imparfaitement, ces mouvements diurnes de la Sensitive qu'en cherchant à dégager les causes multiples qui ajoutent probablement leurs effets à ceux de la radiation.

Mouvements provoqués par des contacts. — Des excitations mécaniques, portées sur les feuilles qui présentent des phénomènes nyctitropiques, peuvent produire des effets comparables à ceux que provoque l'alternative du jour et de la nuit. C'est encore la Sensitive qui peut fournir sur ce point l'exemple le plus frappant. Sous l'influence d'un choc, d'une friction, portés en un quelconque de ses points, sous l'influence même d'une simple agitation de l'air, elle prend sa position nocturne. Mais si on examine, à ce moment, l'aspect de ses renflements moteurs, on constate qu'ils sont mous et flasques, à l'inverse de ce qui se produit quand la plante est exposée à l'obscurité : un effet identique est donc ici produit par un mécanisme manifestement différent. Il serait fort long de l'analyser dans tous ses détails. En ce qui concerne simplement le pétiole primaire, on a pu s'assurer que le siège du mécanisme est la face inférieure de son renflement moteur et nullement sa face supérieure : si on détache, avec un scalpel fin, la moitié inférieure du renfle-

ment, le pétiole perd sa sensibilité aux contacts; elle n'est, au contraire, nullement affectée par l'ablation de la moitié supérieure. Or, à la suite de l'excitation, la moitié inférieure du renflement devient flasque et molle. On ne peut guère s'expliquer ce changement d'état qu'en supposant que le protoplasme des cellules, doué d'une contractilité spéciale, s'est ramassé sur lui-même, expulsant l'excès d'eau qu'il renfermait et transmettant cet excès, à travers les membranes cellulaires, jusqu'aux tissus voisins.

Chez certaines plantes, dites *carnivores*, les mouvements provoqués par les excitations mécaniques se compliquent de phénomènes de digestion.

Le Rossolis (*Drosera rotundifolia*), petite plante de nos pays (*fig.* 282) porte à sa base une rosette de feuilles, du centre de laquelle se détache la hampe florifère. Chaque feuille possède, à l'extrémité d'un long pétiole, un limbe de forme arrondie dont la face supérieure est hérissée de segments étroits, au nombre d'environ deux cents; chacun d'eux, parcouru d'un bout à l'autre par une nervure, est renflé à son extrémité, qui produit un liquide visqueux, brillant au soleil. Qu'un insecte vienne se poser sur un de ces renflements ou sur la surface du limbe, aussitôt les segments du limbe se recourbent en convergeant vers le point de contact; de son côté, le limbe lui-même se creuse en ce point et bientôt l'insecte imprudent se trouve étroitement emprisonné; il meurt et le liquide sécrété par les renflements terminaux des segments digère ses tissus.

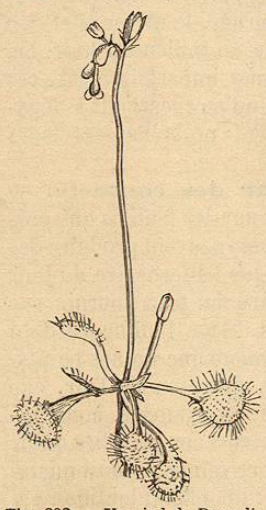

Fig. 282. — Un pied de Rossolis (*Drosera rotundifolia*).

Des phénomènes du même genre s'observent chez une

plante de la Caroline du Nord, la Dionée gobe-mouche (*Dionæa muscipula*).

Mouvements spontanés. — Enfin il est des plantes chez lesquelles se produisent constamment des mouvements périodiques qui paraissent absolument indépendants des causes extérieures, des mouvements *spontanés* en un mot. Parmi les plantes les plus remarquables à cet égard, citons *Hedysarum gyrans*, curieuse Papilionacée de l'Inde. La feuille de cette plante (*fig.* 283) porte, à l'extrémité de son pétiole, une grande foliole et, sur ses côtés, deux folioles plus petites, disposées symétriquement. Quand la plante est exposée à une température d'au moins 22°, on voit les deux petites folioles entrer en mouvement. Chacune d'elles tourne lentement autour de sa base, de manière à décrire un tour complet dans un temps qui varie entre deux et cinq minutes. Souvent ce mouvement de rotation, au lieu de s'effectuer régulièrement, se compose d'une série de saccades successives. Ici encore la base de l'organe mobile est occupée par un renflement qui manifeste, sur chacune de ses faces, des alternatives régulières de flaccidité et de turgescence. Il est donc probable que le mécanisme de la rotation est assez comparable à celui des mouvements nyctitropiques; mais il est actuellement impossible de dire quelle est la cause qui le provoque.

Fig. 283. — Une feuille d'*Hedysarum gyrans*. — *a*, grande foliole; *b*, *b'*, folioles latérales.

Résumé. — En résumé, parmi les phénomènes qui semblent manifester la faculté motrice chez les plantes, il en est qui n'ont que l'apparence du mouvement : ce sont, en réalité, des changements de forme, qu'on doit attribuer à des inégalités de croissance; de ce nombre sont les phénomènes de nutation et de géotropisme. On doit réserver le nom de mouvements à ces déplacements qui affectent des organes arrivés au terme de leur croissance, comme les phénomènes de phototactisme ou de nyctitropisme. Le ta-

bleau ci-joint permettra d'embrasser d'un coup d'œil ce classement.

MOUVEMENTS	apparents, dus à des inégalités de croissance.	cause interne.....		*Nutation*, *Circumnutation*, *Enroulement*.
		cause externe.	pesanteur...	*Géotropisme*.
			lumière.....	*Phototropisme*.
			température.	*Thermotropisme*.
			humidité....	*Hydrotropisme*.
	vrais, affectant des organes développés.	cause externe.	lumière.....	*Phototactisme*, *Nyctitropisme*.
			contact.....	*Mouvements de la Sensitive, des plantes carnivores, etc.*
		cause interne.....		*Mouvements périodiques spontanés* (*Hedysarum gyrans*).

a ca 476

VINGT-CINQUIÈME LEÇON

Les Cryptogames vasculaires. Les Fougères.

Classification des plantes vasculaires. — Les plantes vasculaires, dont nous connaissons maintenant l'organisation générale, se répartissent entre deux embranchements. L'un comprend celles qui sont dépourvues de fleurs ou, comme on dit, Cryptogames : c'est l'embranchement des *Cryptogames vasculaires*. L'autre comprend l'ensemble des plantes à fleurs : c'est l'embranchement des *Phanérogames*.

Les Cryptogames vasculaires. — L'embranchement des *Cryptogames vasculaires* se partage lui-même en trois classes. A la classe des *Filicinées* appartient l'ordre des *Fougères*, dont l'étude fera l'objet de la leçon d'aujourd'hui.

Les Fougères. — Nous pouvons prendre, comme type

de Fougères, une des espèces les plus communes dans nos pays, telle que le Polypode vulgaire (*Polypodium vulgare*) (*fig.* 284), la Fougère mâle (*Polystichum* ou *Aspidium Filix mas*), la Fougère Grand Aigle (*Pteris aquilina*), etc.

Fig. 284. — Fougère (Polypode).

Appareil végétatif. — Dans toutes ces espèces, la tige est entièrement souterraine et suit ordinairement une direction horizontale : c'est un rhizome. A ce rhizome sont fixées, de distance en distance, des racines latérales qui se ramifient à l'intérieur du sol. Il porte, d'autre part, des feuilles grandes et découpées, dont les pétioles se dressent verticalement et qui constituent à elles seules toute la partie aérienne de la plante. Tige, racine, feuilles, tels sont les trois membres dont nous avons à reprendre sommairement l'étude pour connaître, dans ses grandes lignes, l'organisation de l'appareil végétatif des Fougères.

Tige. — La tige, souterraine et horizontale dans toutes les Fougères de nos pays, se montre au contraire aérienne et verticale chez beaucoup d'espèces des pays chauds ; ces