

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 2 (1924-1928)
Heft: 4

Artikel: Le Parahéliotropisme : exposé critique général et recherches spéciales sur le Robinier faux-acacia
Autor: Meylan, Suzanne
Kapitel: IV: Comparaison directe des effets de variations brusques de l'éclairement unilatéral et de la température (Série A)
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-248663>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CHAPITRE IV

Comparaison directe des effets de variations brusques de l'éclairement unilatéral et de la température (Série A).

La courte série d'expériences (mai-juin 1923; 22 exp.) que nous résumons ici avait pour but de nous renseigner sur le sens des mouvements provoqués par des variations successives ou simultanées, et d'étendue variable, de l'éclairement unilatéral et de la température (conditions naturelles d'apparition des mouvements étudiés). Les résultats sont nets et confirment les observations préliminaires; aussi avons-nous jugé superflu de poursuivre ces observations.

Il importait de connaître les variations de la température de la feuille observée au cours d'une expérience — dans les expériences faites sur cette question on ne s'en est pas préoccupé — et de mettre en évidence l'action d'un changement de l'éclairement unilatéral sans variation simultanée de la température.

Technique.

Détermination de la température des feuilles. — Nous avons procédé par mesure thermo-électrique¹. La principale difficulté qu'en rencontrait l'application dans le cas spécial

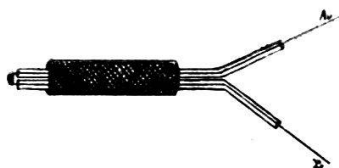


FIG. 13.

résidait dans les dimensions minuscules des organes, et le risque d'irriter la feuille en disposant l'appareil pour l'observation.

Le dispositif construit dans ce but consistait en un couple Au . Pt, métaux choisis parce qu'ils ne s'altèrent pas, pro-

¹ L'emploi de cette méthode se généralise en physiologie végétale, plus spécialement dans la détermination de la température des feuilles, (Cf. 6, 10, 43, 96, MAXIMOW, Jahrb. f. w. Bot. 1914).

duisent une force électromotrice suffisante et ont l'avantage de se laisser souder à l'arc. Guidés par des tubes de verre (*fig. 13*), les fils, de 0,3 cm. de diamètre, étaient aplatis à leur extrémité, puis soudés. La soudure, disposée en hauteur, avait 2 mm. de haut, une épaisseur minime, et était limée jusqu'à devenir tranchante. Ce thermomètre était fixé à un statif, avec latitude de déplacement horizontal et vertical. Une glissoire permettait d'en approcher délicatement le bocal sur lequel était montée la feuille à observer, et d'introduire la soudure dans une incision faite préalablement au scalpel dans le rachis de la feuille, au-dessus du niveau d'insertion des folioles, à la distance suffisante (env. 1 cm.) pour que leurs mouvements n'en fussent pas gênés. Le fil d'Au et le fil de Pt aboutissaient à des éprouvettes, d'où des fils de Cu les reliaient au galvanomètre (Au et Cu, soudés à l'arc, dans du pétrole; Pt et Cu, dans du Hg). Les éprouvettes étaient immergées dans un bain d'eau chambrée, protégé contre les variations de température, et dont un thermomètre au $1/10^{\circ}$ (réservoir au niveau des éprouvettes) indiquait la température. Les déviations du galvanomètre étaient observées comme dans les expériences préliminaires. Un commutateur à bornes de Cu permettait de renverser le sens du courant et de prendre la moyenne des déviations symétriques; on pouvait aussi souvent qu'on le voulait reprendre le 0 en mettant le galvanomètre en court-circuit. L'amortissement des oscillations et la sensibilité voulue ont été obtenus en combinant en shunt et série des résistances de manganine.

Les appareils étaient soigneusement fixés et isolés à la paraffine, ainsi que les fils; les contacts hétérogènes enveloppés d'ouate. L'installation, montée dans un laboratoire du sous-sol de l'Ecole de Physique, attenant au jardin botanique, s'est maintenue en parfait état pendant la durée des observations (séries A, B, C, D).

La graduation a été faite empiriquement, par comparaison avec un thermomètre étalon du laboratoire de physique; les deux thermomètres étaient alors immergés dans des bains d'eau dont la température variait dans les limites utilisées (de 10°C à 40°C). L'échelle du thermomètre étalon coïncidait avec celle du thermomètre qui donnait la température du bain froid dans la région utilisée (14°C à 22°C). Dans ces conditions, une déviation de l'index lumineux de 1 mm. correspondait, en moyenne, à une différence de température de $0,1^{\circ}\text{C}$ entre les soudures.

Appareil de chauffage. — Il s'agissait de porter rapidement la température de la feuille à un niveau donné, puis de l'y

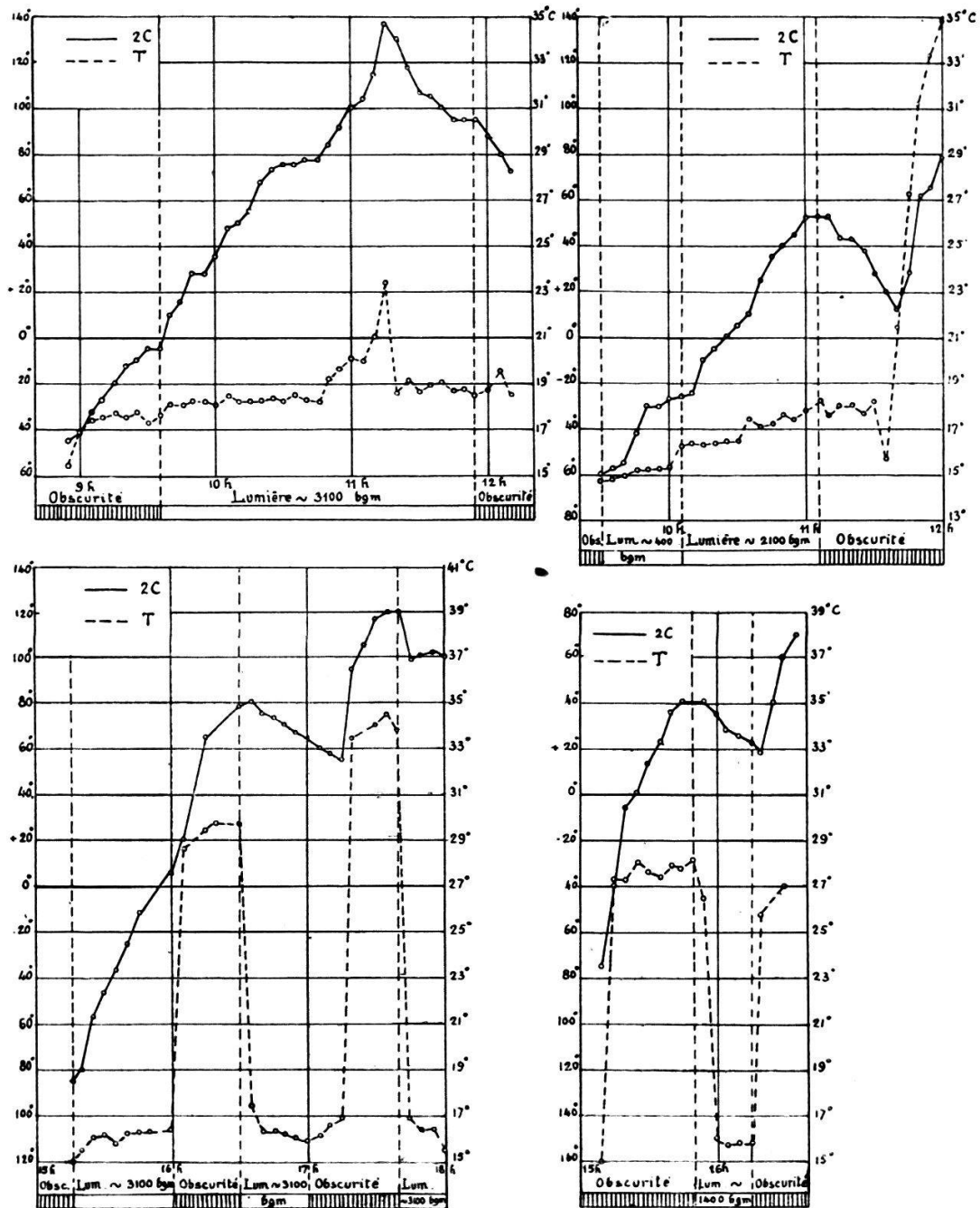
maintenir. A cet effet, nous avons utilisé une spirale de maillechort parcourue par le courant de deux accumulateurs en tension, qu'un rhéostat à curseur permettait de régler à volonté. La spirale, de fil fin, était enroulée sur un anneau de verre de 1,5 cm. de diamètre, interrompu pour qu'on pût passer au travers l'axe de la feuille et le placer au centre, et fixé par une tige de verre à un statif. L'anneau était placé à env. 1,5 cm. en dessous du niveau d'insertion des folioles, et à angle droit avec le thermomètre, ce dernier étant lui-même dans le plan de symétrie de la feuille (*fig. 16*). L'inégalité d'échauffement qui pouvait résulter de la dissymétrie du radiateur est sans importance, puisque les deux folioles interviennent dans la moyenne d'une réaction et que la température mesurée est celle de la région intermédiaire.

Les métaux du couple thermo-électrique étant d'excellents conducteurs, et placés à peu de distance au-dessus de la spirale chauffante, on pouvait supposer que de la chaleur se transmettait à la soudure par conduction; pour éviter cette source d'erreur, les fils ont été protégés au sortir des tubes de verre par un cône d'amiante appuyé contre la tige.

Réglage de la température. — En principe, le réglage du courant devait permettre de maintenir constante la température de la feuille pendant une durée quelconque. Pratiquement, deux obstacles rendaient ce réglage imparfait. D'abord, les courants d'air imprévisibles, qui se produisaient même quand le laboratoire restait fermé pendant plusieurs heures; nous y avons paré en disposant un écran autour de la feuille, mais comme on ne pouvait l'enfermer, puisqu'il fallait l'éclairer et repérer les positions des folioles, la protection n'était qu'à demi efficace; les courants de convection au voisinage de la lampe électrique étaient particulièrement désagréables. Mais la durée même des observations (2 h. à 4 h.) en était le principal obstacle. Avec quelque exercice, et plus encore de patience, on parvient à fournir l'effort d'attention qu'exigent l'observation continuelle, des heures durant, d'un index, et le maniement coordonné du curseur; mais on n'y réussit pas également tous les jours. Qu'on ajoute à cela l'obligation d'interrompre le réglage de 5 en 5 minutes, le temps de faire les lectures, on comprendra que nous n'ayons pas réussi à maintenir constante la température de la feuille. L'expression que nous employons cependant désigne en réalité une température oscillant aussi faiblement que possible (quelques dixièmes de degré C normalement) autour d'un niveau moyen.

a) 14 juin 1923.

b) 6 juin 1923.



c) 28 mai 1923.

d) 6 juin 1923.

FIG. 14.

Exemples d'expériences A. — T, température de la feuille ; 2C, écart angulaire des folioles, en fonction du temps.

Source de lumière. — Pour cette série d'expériences (A), nous avons utilisé une lampe Osram (Nitra, 200 w., 130 v.), à ampoule mi-dépolie, inclinée à 45°, sans écran ni condenseur, disposée avec la feuille sur un banc d'optique. La comparaison, très difficile d'ailleurs, avec l'étalon Hefner, par l'in-

termédiaire de lampes d'intensité faible, a donné 410 ± 25 H K sous 125 v. (soit env. 350 bg. d.).

Manière de procéder à une expérience. — Partant d'un état stationnaire (obscurité; température du laboratoire), nous soumettions une feuille à une série de variations simultanées ou successives de l'éclairement unilatéral¹, E, et de la température, T. Après chaque modification des conditions, nous les maintenions constantes, jusqu'à ce que le mouvement des folioles fût suffisamment ralenti pour qu'une nouvelle modification se traduisît par une accélération positive ou négative. L'état initial variait peu d'un cas à l'autre; toutes les expériences débutaient par une élévation de T, ou de E et T simultanément; ensuite, les variations de T et E se succédaient dans un ordre quelconque.

Résultats.

Les courbes représentatives des réactions, comme on en peut juger par celles que nous reproduisons à titre d'exemples (fig. 14), rappellent celles obtenues dans les expériences préliminaires: une variation des conditions se traduit par un coude; un état stationnaire, par un ralentissement d'allure tendant vers un palier.

Les résultats (élimination faite des cas défectueux: T instable, observation trop brève) sont consignés dans le tableau A moyennant quelques conventions:

— baisse		Réaction	+	de $S \Rightarrow S'$
+ augmentation	de T ou E		—	de $S' \Rightarrow S$.
() conditions antérieures.			o,	pas de réaction visible.

On en peut tirer les conclusions suivantes:

Une élévation de la température à l'obscurité ou à éclaircissement (unilatéral) constant provoque un mouvement de direction $S \Rightarrow S'$; une baisse de la température, un mouvement de direction opposée. A température constante, une augmentation de l'éclairement (unilatéral), ou le passage de l'obscurité à un éclaircissement donné, provoque un mouvement de direction $S \Rightarrow S'$; une diminution, ou la suppression de cet éclaircissement, un mouvement de direction opposée.

¹ Face supérieure de la feuille exposée à la lumière.

Tableau A

Variation des conditions	(O; T ₁) + T	(E ₁ ; T ₁) + T	(E ₁ ; T ₁) - T	$\left(\begin{smallmatrix} O & T_1 \\ E_1 & +E \end{smallmatrix}\right)$	(E ₁ ; T ₁) - E	(E ₁ ; T ₁) + T + E	(E ₁ ; T ₁) - T - E	(E ₁ ; T ₁) + T - E	(E ₁ ; T ₁) - T + E
Nombre de cas	23	8	6	10	11	7	2	5	11
Réaction	23 +	8 +	5-; 10?	10 +	5-; 50; 1 +	7 +	2 -	4+; 10	9-; 10 1 +

Tableau B

T ₂ - T ₁ degrés C.	+13 +11 +4 +9 +7	-14 -18 -12 -8 -8 -9 -4 -11 -9 -5
E ₂ - E ₁ I (350 bgm.)	-11 -4 -4 -4 -25	+11 +11 +4 +4 +4 +4 +4 +4 +4 +14
V ₂ - V ₁	+1,1 +3,0 +1,5 +1,2 0,0	-1,3 +4,5? -1,0 -1,8 0,0 -0,9 -0,9 -3,8? -0,5 -1,6 -1,1

Tableau C

(T ₂ - T ₁) + (E ₂ - E ₁)	V ₂ - V ₁	(T ₂ - T ₁) + (E ₂ - E ₁)	V ₂ - V ₁
+ 11° - 4 I	+ 3	- 11° + 4 I	- 3,8
+ 9° - 4 I	+ 1,2	- 9° + 4 I	- 1,0 (III)
+ 4° - 4 I	+ 1,5	- 4° + 4 I	- 0,9
+ 13° - 11 I	+ 1,1	- 14° + 11 I	- 1,3

Les résultats (E₁; T₁) - T et (E₁; T₁) - E ne concordent pas absolument avec les règles énoncées. Mais il faut remarquer qu'en raison même des conditions initiales, ces réactions-là étaient toujours consécutives à une réaction + T ou + E et que la capacité de réagir diminue avec la succession des excitations. Dans 4 des cas où R = 0, il s'agit d'excitations

postérieures à plusieurs autres; dans le cas où R est $+$, il y a eu tout d'abord une faible réaction négative, aussitôt effacée par la persistance de l'effet d'une forte excitation antérieure $+E$, puis $+T$. A notre avis, ces résultats n'infirment donc pas la règle générale.

Les règles énoncées plus haut sont confirmées par les résultats obtenus lorsque T et E varient simultanément et dans le même sens.

Pour comparer les effets de variations de T et E simultanées, mais de sens contraires, il est nécessaire de mesurer approximativement la réaction résultante. Cette mesure, nous la trouvons dans la différence des vitesses du mouvement avant et après le changement des conditions ($V_2 - V_1$), évaluées d'après les courbes de réaction.

Les résultats sont consignés dans le tableau *B*.

(Les conditions initiales expliquent le petit nombre de cas $-T + E$).

De ce tableau ressort d'abord la grande variabilité des nombres qui mesurent les réactions, variabilité qu'expliquent aussi bien la variabilité du traitement antérieur (succession différente des excitations) que la grossière approximation des vitesses mesurées. On s'étonne donc beaucoup de constater qu'à un cas douteux près *les réactions ont le signe des variations de température*, ce qui apparaît encore mieux si l'on groupe les résultats comparables (*tab. C*).

Comment s'expliquer ce résultat? Nous voyons deux manières d'en rendre compte. On peut supposer que la variation de T exerce une action immédiate, et la variation de E une action tardive qui ne s'est pas encore manifestée au moment où la réaction est mesurée. Ou bien, toute variation de T de 4°C , et plus, serait capable de compenser, et au delà, l'effet de variations de E allant de env. 1400 bgm. à env. 3800 bgm. Ni dans les expériences préliminaires, ni dans les cas où T seule ou E seul variait nous ne trouvons de preuve à l'appui de la première hypothèse; c'est donc à la seconde qu'il faut s'arrêter, quoique ce résultat soit surprenant.

Nous aurions pu nous proposer, en appliquant ainsi la méthode d'opposition, d'établir une échelle des compensations entre les effets de ces deux agents; mais comme nous n'y pouvions procéder que par tâtonnement, son application supposait une trop grande perte de temps. Il nous a paru préférable d'étudier

pour elles-mêmes les réactions que provoquent une brusque élévation de la température (série B) et l'exposition à un éclaircissement unilatéral (série D), puis d'en tirer indirectement le renseignement désiré.

Pour conclure provisoirement sur ce point, nous nous bornerons à constater, d'après les quelques résultats dont nous disposons, que *l'effet d'une variation de l'éclaircissement unilatéral* (de 0 à une valeur déterminée et réciproquement) *peut être compensé*, dans certaines conditions, *par celui d'une variation de température de sens opposé*. En outre, d'après les valeurs numériques, la variation de T dont l'effet neutralise ± 1400 bgm est probablement comprise entre $\pm 4^{\circ}$ C et $\pm 10^{\circ}$ C.

Remarquons enfin que la position V a été dépassée dans tous les cas (22) sauf un, à la suite d'une excitation ou de plusieurs excitations consécutives, à partir de positions intermédiaires entre S et V. Les C maximum observés varient de $+12,5^{\circ}$ à $+80^{\circ}$ (12 cas $C > +50^{\circ}$). Ces positions de sommeil diurne ne coïncident pas toujours avec une température élevée, ni avec un éclaircissement intense; mais d'une façon générale avec une température très élevée ($T > 30^{\circ}$ C) à l'obscurité, et une température quelconque, souvent basse ($T < 20^{\circ}$ C) sous une intensité d'éclaircissement > 1000 bgm.

*
* * *

Ces observations confirment et précisent les conclusions du chapitre précédent. Elles montrent que les folioles réagissent aux variations d'éclaircissement, à température constante, mais tout aussi bien, à éclaircissement constant, aux variations de température. En outre, dans les limites étudiées, les deux agents provoquent des mouvements d'amplitude comparable et paraissent également capables de produire le sommeil diurne. Quoiqu'on admette, en général, que lorsque la sensibilité à la lumière et la sensibilité à la chaleur sont réunies, l'une l'emporte de beaucoup sur l'autre (cf. 73, II p. 475 et 493), — ce serait chez le *Robinia* la sensibilité à la lumière — on doit reconnaître que la foliole du *Robinia* est douée d'une sensibilité moyenne, aussi bien vis-à-vis de la chaleur que vis-à-vis de la lumière.

La concordance des effets de variations (« Uebergangsreiz ») de même sens de la température et de l'éclaircissement sur les mouvements des pièces florales et des feuilles mobiles (PFEF-

FER, 73, II pp. 212, 502; JOST, 44, p. 385; KOSANIN, 49, p. 50) est considérée aujourd'hui comme un fait acquis. A propos des observations que nous avons faites, nous n'aurions pas lieu d'attirer davantage l'attention sur ce point, si la thèse opposée n'était pas soutenue par BOSE avec une insistance qui fait impression.

Dans ses publications récentes, il généralise à l'extrême une affirmation, présentée déjà, mais plus discrètement, dans *Plant Response*: « The effect of rise of temperature is antagonistic to that of the stimulus of light » (14, III p. 865). On considère aujourd'hui la chaleur comme un adjuvant de la lumière, et réciproquement, dans la production des mouvements nyctinastiques: BOSE voit en eux deux facteurs antagonistes: « The movement of opening during the course of the day is due to the effect of light overpowering the effect of rise of temperature » (l. c., p. 544). Bien plus, le même antagonisme existerait entre l'effet du rayonnement infra-rouge comme tel et son effet thermique, dont il faudrait le distinguer: « The reactions to radiant heat and to conducted heat (rise of temperature) are of opposite character, radiation inducing contraction and rise of temperature expansion » (l. c. p. 307).

Cette opposition radicale entre la thèse classique et celle de BOSE repose sans doute sur des observations qui contredisent à première vue celles des auteurs cités plus haut, mais il faut dire aussi qu'il exprime sa thèse sous une forme plus générale qu'elle ne ressort de ses propres observations. Il paraît considérer comme une nécessité logique (14, II p. 411) la conformité entre l'action d'un agent physique comme tel et l'effet de ses variations, et ses observations lui donnent raison; tandis que JOST, devant le résultat de ses observations, contraire à ce que cette supposition logique fait prévoir, devait affirmer que « der Wechsel des Agens wirkt eben als Reiz und steht in gar keiner Beziehung zur Wirkung des Agens selbst » (44, p. 359). BOSE lui-même a fait d'autre part cette constatation. Il connaît un « thermal stimulus » (l. c. I p. 41) qui agit comme la lumière et les autres excitants. Cette excitation thermique qui consiste en « sudden variation of temperature » ou « application of heated wire », en quoi donc se distingue-t-elle d'une « rise of temperature »? Tantôt l'auteur range la « rise of temperature » parmi les excitants (l. c. pp. 304, 307), tantôt il l'exclut de cette notion (l. c. p. 312) pour

affirmer d'une manière toute générale que « the effect of stimulus is antagonistic to that of rise of temperature. » (cf. la définition p. 41 et le passage déjà cité p. 307). Il y a équivoque, et l'on peut dire que BOSE parle de « thermal stimulus » ou de « rise of temperature », sans se préoccuper de ses définitions, suivant que l'effet d'un échauffement est de même sens que celui de la lumière, ou de sens opposé (cf. l. c. p. 305 sq.).

Quant aux expériences sur lesquelles il fonde son opinion, elles ne sont pas décisives. Les cas décrits sont susceptibles d'être interprétés autrement, si l'on admet avec plusieurs auteurs que les mouvements photonastiques et thermonastiques se renversent, quand l'éclairement ou la température dépasse un certain degré. Ainsi, dans l'expérience 204 (l. c. p. 539), analogue aux nôtres, l'échauffement par un radiateur électrique a causé un mouvement de fermeture d'une foliole ouverte de *Cassia alata*; l'obscurcissement a produit le même effet. La conclusion, que l'élévation de la température et la lumière ont des effets opposés, ne s'impose pas. Tout d'abord, nous voudrions savoir quelle était la température, et si un éclairement intense n'aurait pas eu le même effet que l'obscurcissement, ce que l'on peut supposer étant donné les conditions initiales, et ce que l'on sait s'agissant des mouvements des folioles des *Mimosa* et des *Oxalis*. On peut faire la même objection à l'expérience 114 (l. c. p. 308).

L'expérience 156 (l. c. p. 411) ne démontre pas davantage l'antagonisme entre le radio-effet supposé et l'effet thermique du rayonnement calorifique. BOSE opère sur le renflement moteur primaire du *Mimosa*. Il éclaire la région de la tige opposée au point d'insertion d'une feuille; celle-ci se relève d'abord, puis s'abaisse d'un mouvement plus énergique. Le même effet s'observe en substituant au faisceau lumineux des radiations calorifiques. [« The source of radiation was a spiral of platinum wire heated short of incandescence by means of electric current », ce qui correspond à notre propre dispositif.] Si cette expérience démontre l'identité des effets des deux formes de l'énergie rayonnante, elle ne prouve pas que par élévation locale de la température (par « application of heated wire », par exemple) on ne puisse obtenir le même effet. Mais encore, l'auteur se borne à dire que « the responding pulvinus was completely shielded from temperature variation ». Serait-ce trop

exiger, dans une expérience qualifiée de cruciale, que l'on sache par quel moyen il s'en assurait? Le prétendu radio-effet ne serait-il pas peut-être tout simplement un effet thermotropique?

Quoi qu'il en soit, les expériences de BOSE seraient jusqu'ici les seules à établir l'existence de ce radio-effet. Récemment encore COLLANDER (22 p. 4), qui a distingué avec toute la netteté désirable les deux effets possibles des radiations calorifiques, a constaté que les courbures thermotropiques de jeunes tiges ou racines se produisent également bien, et dans la même direction, soit qu'on expose ces organes à être inégalement échauffés par conduction, soit qu'on fasse agir sur eux un rayonnement calorifique unilatéral; plus encore, ses expériences tendraient à prouver que le rayonnement calorifique produit un effet thermotropique dans la mesure où il crée, entre les côtés opposés de ces organes, une différence de température (l. c. p. 54).

Cette question nous intéresse directement puisque nous avons observé les mouvements de folioles échauffées par des radiations (il est vrai que dans ces expériences elles s'échauffaient aussi au contact de l'air chaud qui s'élevait autour du radiateur, ce qu'il faudrait éviter pour arriver à une conclusion rigoureuse), tandis que l'on a généralement provoqué les réactions thermonastiques par échauffement à l'étuve (44, 49). Il résulte des expériences préliminaires que, dans le cas particulier, l'échauffement lent à l'étuve (« rise of temperature ») et l'exposition à la lumière (unilatérale) ont des effets de même sens. L'antagonisme signalé par BOSE est certainement moins général qu'il ne le prétend. Il n'est donc pas surprenant que la chaleur rayonnante agisse dans le cas spécial comme la chaleur de conduction; on n'en peut par conséquent rien conclure quant à l'existence du radio-effet supposé.

La saison était trop avancée, lorsque nous avons eu connaissance des résultats de BOSE, pour que nous ayons pu songer à une vérification. Cependant, outre la faible valeur démonstrative des expériences tendant à démontrer l'existence de ce radio-effet, deux indices nous font pencher pour la négative, et écarter du même coup l'hypothèse d'un effet thermotropique marqué des radiations sur les folioles du *Robinia*, effet que plus haut nous avons montré possible: 1° dans les expériences décrites, les radiations agissaient normalement au

flanc de l'articulation, et nous n'avons pas observé de torsion, comme en produit la lumière dans des conditions analogues; 2^e dans quelques essais (avec du matériel d'arrière-saison), nous n'avons pas observé de différence systématique, comme on en observe lorsqu'il s'agit de la lumière (cf. séries D et C), entre les mouvements de folioles qui recevaient des radiations calorifiques normalement, les unes sur la face supérieure, les autres sur la face inférieure; en outre, l'amplitude des mouvements provoqués correspondait à celle que l'on pouvait prévoir (cf. série B) étant donné l'élévation mesurée de la température des feuilles.