

RECUEIL
DE
MÉMOIRES, RAPPORTS
ET DOCUMENTS
RELATIFS A L'OBSERVATION
DU
PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL

RECUEIL
DE
MÉMOIRES, RAPPORTS
ET DOCUMENTS

RELATIFS A L'OBSERVATION

DU

PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL

(SUPPLÉMENT AU TOME 1^{er}. — 2^e PARTIE)



PARIS
TYPOGRAPHIE DE FIRMIN DIDOT ET C^{IE}

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT DE FRANCE, RUE JACOB, 56

—
M DCCC LXXVI

PROGRAMME

DES

OPÉRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

QUI DEVRONT ÊTRE EXÉCUTÉES SIMULTANÉMENT

DANS TOUTES LES STATIONS

D'APRÈS UNE DÉCISION PRISE PAR LA COMMISSION DU PASSAGE DE VÉNUS,
DANS LA SÉANCE DU 6 AVRIL 1874.

M. FIZEAU, *rapporteur.*

La commission chargée par l'Académie des sciences de préparer les expéditions destinées à aller observer, en divers points du globe, le prochain passage de la planète Vénus sur le Soleil, ayant reconnu que l'application de la photographie à l'observation de ce phénomène exigeait que les opérations faites en divers lieux fussent dirigées suivant un plan unique concerté à l'avance, a arrêté le programme suivant, destiné à être exécuté d'une manière identique, dans toutes les stations auxquelles la commission aura confié ses appareils photographiques. (1)

MM. les chefs de station pourront, en outre, effectuer

(1) Voir la planche à la fin du volume.

toutes les opérations qu'ils jugeront utiles à la science et à l'œuvre commune, pourvu qu'elles ne soient pas de nature à compromettre la complète exécution du programme de la commission.

Nature des opérations photographiques.

Les opérations photographiques à exécuter dans les diverses stations, pendant le passage de Vénus sur le Soleil, consisteront à fixer, *par des épreuves successives, faites à des instants déterminés*, les différentes phases du phénomène.

Les observateurs n'auront à s'occuper ni des mesures micrométriques des épreuves, ni des calculs relatifs à la parallaxe du Soleil ; ces études devant être l'objet de travaux spéciaux, après le retour de l'expédition.

Il y aura deux catégories d'épreuves, correspondant aux deux phases principales du passage :

1° Pendant l'*entrée* et la *sortie*, les épreuves seront destinées spécialement à donner les grandeurs successives des cordes communes aux deux disques, afin d'en conclure surtout les heures des contacts.

2° Pendant le *trajet de la planète sur le disque solaire*, les épreuves seront destinées spécialement à donner les distances variables des centres des deux astres aux différents instants. Dans ce cas il faudra connaître la valeur angulaire de l'unité de longueur, au foyer de chaque instrument.

Procédé photographique.

Le procédé photographique adopté est celui de Da-

guerre. Une plaque d'argent doublé de cuivre reçoit d'abord de la vapeur d'iode jusqu'à la formation de la couche sensible jaune d'or, puis, après avoir subi l'impression lumineuse dans l'appareil photographique, elle est exposée à la vapeur du mercure qui fait apparaître l'image en quelques instants. Les épreuves ainsi obtenues se conservent sans altération, tant qu'elles sont maintenues à l'abri de la lumière. On les rend inaltérables par un lavage spécial qui peut n'être effectué qu'après un temps très-long.

Préparation des plaques, marque, polissage, iodage.

Avant toute préparation, chaque plaque neuve sera *marquée* au revers et de haut en bas, à l'encre ordinaire : 1° *d'une lettre propre à chaque station*, 2° et plus bas, *d'un numéro d'ordre*.

Toutes les plaques seront polies avec les mêmes soins en employant le coton, l'essence de lavande (fleurs) et le tripoli, et tenues toujours exemptes de toute poussière.

Les plaques seront iodées immédiatement après le polissage, au moyen d'une *boîte à iode* à deux compartiments, l'un pour l'iode, l'autre pour le brome, puis placées de suite dans les rainures d'une boîte à plaques. Les plaques iodées doivent être soigneusement conservées à l'abri de la lumière et de la poussière.

Si, par l'effet de brumes, de brouillards, ou d'une trop faible hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, les opérations exigeaient une sensibilité plus grande que celle donnée par l'iode seul, on aurait recours à la *vapeur de brome*

qui permet d'obtenir une sensibilité 100 fois plus grande, en passant par tous les degrés intermédiaires. Dans ce but, on placera la plaque iodée, pendant un certain nombre de secondes déterminé par des essais préalables, dans le second compartiment de la boîte à iode, lequel renferme du bromure de chaux. Dans ce cas, il faut opérer dans une obscurité presque complète à cause de la sensibilité extrême de la plaque. Mais, à moins de circonstances comme celles que nous venons d'indiquer, ce sera toujours avec la plaque iodée qu'il conviendra d'opérer.

Si la température du lieu où se fera l'iodage était très-basse (voisine de zéro ou au-dessous), il faudrait maintenir la boîte à iode à une température un peu plus élevée, vers 8° à 10°, en la plaçant à l'avance sur un récipient clos renfermant de l'eau à 12° ou 15° environ.

Les plaques iodées nécessaires aux opérations pourront être préparées *la veille du jour du passage*, à la condition de les exposer de nouveau pendant un instant (2 ou 3 secondes) dans la boîte à iode, quelques heures avant le passage.

Appareil photographique. Sa disposition sur le terrain.

L'appareil adopté par la commission est composé : d'une *lunette photographique* (ouverture = 0^m 135, foyer = 3^m 80) avec chercheur latéral, porte-plaque avec écran mobile, et d'un *miroir plan* avec petit miroir chercheur, monté en altazimuth et dirigeable à distance par deux manettes à portée de l'opérateur.

L'écartement des verres ainsi que le tirage de la lunette,

correspondant à l'achromatisme photographique, ont été fixés par des expériences préalables, faites au laboratoire de l'École des mines et dans le pavillon photographique du Luxembourg. L'instrument sera vérifié sous ce rapport, dans chaque station, avant les opérations définitives.

Un mur, formant pilier longitudinal en maçonnerie ou pierres de taille, et à fondations très-solides pour éviter toute vibration, supportera à la fois le miroir et la lunette dans une situation horizontale ; celle-ci sera dirigée *dans l'azimuth moyen du soleil pendant le passage.*

Une cabane propre aux opérations photographiques couvrira la lunette jusqu'à son extrémité.

Le miroir sera également recouvert par un abri léger, destiné surtout à le garantir contre l'échauffement produit par les rayons du soleil.

Précautions contre l'échauffement du miroir.

Les plus grandes précautions devront être prises, pendant les opérations, afin d'*éviter que le miroir ne se déforme en s'échauffant* par les rayons du soleil. A cet effet, le miroir sera constamment protégé par un écran, et ne devra être découvert pour chaque épreuve que pendant un temps très-court, *une seconde environ* : de plus, pendant les opérations, le jour du passage, les rectifications des positions de l'image solaire devront être obtenues sans découvrir le miroir, et uniquement au moyen du chercheur, réglé antérieurement.

**Exposition des plaques à l'image solaire, au foyer
de la lunette.**

Le jour du passage, on devra commencer à faire des épreuves deux minutes avant l'heure probable de l'entrée.

Pendant toute la durée de l'entrée, on fera des épreuves *par zones*, un écran fixe ne laissant passer qu'une zone diamétrale du disque solaire.

Pendant le milieu du passage, on fera des *épreuves entières* du disque solaire.

Enfin, pendant *la sortie*, on fera de nouveau des épreuves *par zones*.

Le porte-plaque devra être orienté, suivant l'heure, dans un azimuth calculé à l'avance, pour chaque station, afin que Vénus se trouve toujours au milieu du bord de la zone. Cette orientation devra être rectifiée, de temps en temps, pendant toute la durée du passage.

En plaçant chaque plaque au foyer, on notera sur le registre *le numéro d'ordre* et ensuite *les heures des impressions* faites successivement sur la même plaque, en laissant tomber l'écran mobile. On aura soin que les épreuves soient faites dans le même ordre sur les plaques successives, de haut en bas par exemple, pour éviter sûrement les méprises dans les heures correspondantes.

La durée d'exposition sera mesurée à l'avance, à l'aide d'un diapason marquant ses vibrations sur le bord enfumé de l'écran mobile. Pour la plaque iodée, cette durée est comprise entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{50}$ de seconde. Pour la plaque iodée-

bromée, cette durée est réduite à volonté à $\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$ de seconde, et plus encore.

Exposition à la vapeur de mercure.

A mesure que les plaques auront été impressionnées, elles seront transportées successivement dans *une boîte à mercure*, pouvant contenir à la fois quarante plaques, et dont la température, entretenue par une lampe, devra toujours être comprise entre 60 et 70 degrés.

On n'aura pas à surveiller les épreuves dans la boîte à mercure ; il suffira d'en retirer successivement les plaques après un séjour de vingt à trente minutes, dans l'ordre où elles auront été apportées et de les placer immédiatement dans une boîte à plaques.

Les épreuves seront conservées soigneusement en cet état, à l'abri de la lumière, jusqu'à ce qu'elles soient rapportées en France au retour de l'expédition. Alors seulement elles seront soumises, avec tous les soins convenables, aux lavages destinés à les rendre inaltérables.

Cependant un certain nombre d'épreuves, *un quart au plus*, pourront subir les derniers lavages sur place, si les chefs de station le jugent convenable.

Nombre et intervalle des épreuves.

Il conviendra de préparer environ cent cinquante plaques pour les épreuves à faire pendant la durée du passage. Cent trente-six plaques seront employées de la manière

suivante : *dix-huit pour l'entrée, dix-huit pour la sortie et cent pour le trajet de la planète sur le disque solaire.*

En admettant vingt-cinq minutes pour la durée de l'*entrée* et autant pour la sortie, on fera pendant les *cinq premières minutes* de l'entrée, à raison de *une épreuve toutes les dix secondes* et de cinq impressions par zones pour chaque plaque, trente épreuves, exigeant six plaques. De même, pendant les *cinq dernières minutes* de l'entrée, soit encore trente épreuves par zones de *dix en dix secondes*, exigeant six plaques. De plus, pendant les *quinze minutes* intermédiaires (milieu de l'entrée), on fera encore des épreuves par zones, mais seulement *toutes les trente secondes*, ce qui donnera trente épreuves exigeant six plaques.

En opérant de même à la fin du passage *pour la sortie* de la planète, on voit que l'on aura obtenu un total de 180 épreuves sur 36 plaques.

Pendant le *trajet de Vénus* sur le disque du soleil on fera des *épreuves entières* du disque solaire, à raison de deux par chaque plaque, et séparées par des intervalles, de une minute au commencement et à la fin, et de deux à trois minutes vers le milieu.

On aura ainsi sans difficultés sérieuses deux cents épreuves entières du soleil exigeant cent plaques.

Ce sera donc, pour toute la durée du passage, un total de *trois cent quatre-vingts épreuves* obtenues à l'aide de *cent trente-six plaques*.

Il convient d'ajouter que MM. les chefs de station ne devront, dans aucun cas, sacrifier à la rapidité des opérations, ni l'exactitude de l'heure, ni la rectification de l'image du chercheur, ni l'orientation du porte-plaque, et qu'ils de-

vront plutôt diminuer un peu le nombre des épreuves, si, dans les circonstances où ils se trouveront placés, la bonne exécution des opérations leur paraissait le réclamer.

Détermination de la valeur angulaire de l'unité de longueur, au foyer de l'appareil photographique.

La valeur angulaire de un millimètre, mesuré sur les épreuves, sera un élément indispensable pour l'interprétation de plusieurs des résultats fournis par la photographie (notamment pour les positions de la planète pendant son trajet sur le disque solaire). Sans doute cet élément pourra être déterminé en valeur absolue ou relative, pour les instruments des diverses stations, seulement après le retour des expéditions, et en procédant sur les épreuves elles-mêmes à des mesures convenables soit des diamètres du Soleil et de Vénus, soit des distances au centre des taches solaires, s'il en existe d'assez bien définies sur les épreuves. Mais, le succès de ces moyens n'étant pas suffisamment assuré, il y aura lieu, dans chaque station, de procéder d'avance à *la détermination de la valeur angulaire de l'instrument*, par les deux procédés suivants :

1° *Par des passages photographiques du Soleil*, en faisant des épreuves successives d'un même bord solaire, pendant que l'image traverse la plaque par l'effet du mouvement diurne. Le temps devra être mesuré par l'enregistreur électrique, avec une précision peu inférieure à $\frac{1}{100}$ de seconde.

2° *Par des visées réciproques* (avec l'intermédiaire du miroir) entre la lunette photographique munie à son foyer

de divisions sur verre, et la lunette équatoriale de six pouces munie de son micromètre préalablement étudié sur les étoiles, mais surtout, ce qui sera le plus exact, en effectuant, dans ces conditions, *des épreuves photographiques des fils du micromètre* de l'équatorial. Les températures des instruments seront toujours notées avec soin.

L'équatorial devra donc être installé, soit passagèrement, soit à poste fixe, à peu de distance du miroir et de l'appareil photographique, afin que l'on puisse facilement diriger ces deux instruments l'un sur l'autre.



NOTES PRATIQUES
SUR LES
OPÉRATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE

PENDANT LE PROCHAIN PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL

RÉUNIES SUR LA DEMANDE

DE LA SOUS-COMMISSION DE PHOTOGRAPHIE

PAR

M. FIZEAU.

SOINS A PRENDRE DANS LA PRÉPARATION DES PLAQUES.

De grands soins doivent être apportés à la préparation des plaques, si l'on veut éviter sûrement les épreuves tachées, inégales, voilées, et même l'absence de sensibilité plus ou moins complète de la couche d'iodure. Voici ce que l'expérience a appris à ce sujet, comme réussissant très-régulièrement :

Placer la plaque sur un papier propre. Verser à sa surface 10 ou 15 gouttes d'essence de lavande. Saupoudrer

avec le nouet de tripoli. Polir en rond et en *appuyant assez fortement* avec un gros tampon de coton bien formé et uni à sa surface. Passer plusieurs fois toujours en tournant sur toute l'étendue de la plaque, surtout sur les bords et les coins ordinairement moins bien polis que le centre, jusqu'à la formation d'une couche uniforme de *cambouis* grisâtre très-mince.

On prend alors un nouveau tampon de coton, on place la plaque sur un nouveau papier, non imprégné d'essence. On saupoudre la surface de la plaque avec du tripoli, et l'on recommence à polir en rond comme précédemment. mais en appuyant *cette fois très-légèrement*, jusqu'à ce que la surface d'argent devienne brillante. On ajoute une ou deux fois un peu de tripoli pour que le coton ne frotte jamais seul sur l'argent. On essuie alors avec une pincée de coton le revers et les tranches de la plaque, on la porte au grand jour près d'une fenêtre en la tenant de la main gauche par les tranches, et de la main droite on passe légèrement à sa surface une pincée de coton propre non comprimé, jusqu'à ce que l'œil n'aperçoive plus de poussière de tripoli à la surface. La plaque est alors prête à être iodée.

Telle est la préparation qui convient à une plaque neuve ou à une plaque portant une épreuve peu intense et non lavée. Si la plaque a été lavée et surtout fixée, il faut répéter deux fois le polissage à l'essence et appuyer un peu plus fortement.

On recommande surtout de ne pas polir en terminant au coton seul, sans tripoli, et en appuyant fortement. Dans ce cas, et surtout lorsque la température est élevée et que le

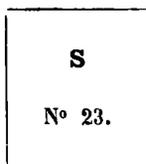
coton est d'une nature un peu grasse, la surface de l'argent est fort belle, en apparence, mais impropre à la formation de la couche sensible.

MARQUE DES PLAQUES.

On pourrait adopter les conventions suivantes pour la marque des plaques, qui devra être faite longtemps à l'avance. L'encre ordinaire de Mathieu Plessy fait sur le cuivre des marques à peu près ineffaçables.

Station de Pékin P	Station du Japon J	Station de Nouméa N
Station de Saint-Paul S		Station de Campbell C

Au-dessous de la lettre de la station se trouvera le numéro d'ordre propre à chaque plaque, suivant la figure ci-jointe :



Enfin, les plaques seront toutes placées la tête du même côté, par rapport au châssis porte-plaque.

PRÉCAUTIONS CONTRE LES GOUTTELETTES DE MERCURE.

Les boîtes à mercure, les flacons qui renferment ce métal, les objets qui se sont trouvés en contact avec lui, doivent être soigneusement éloignés des plaques, des boîtes à plaques et des objets qui se rapportent au polissage et à l'iodage ; de plus, lorsqu'on aura touché au mercure liquide, pour le transvaser ou le nettoyer, il faudra se brosser, se secouer avec soin et laver ses mains à grande eau, avant de toucher aux plaques ou aux objets relatifs au polissage (coton, papier, tripoli), les plus petites gouttelettes de mercure formant sur les plaques des taches que l'on a beaucoup de peine à enlever, et qui exigent des polissages répétés plusieurs fois.

PRÉCAUTIONS CONTRE LES VAPEURS D'IODE ET DE BROME.

Les vapeurs d'iode ou de brome, répandues dans l'air même en très-faible quantité, sont très-redoutables pour les plaques sensibles, à partir du moment où ces plaques subissent l'impression lumineuse, jusqu'au moment où l'image est tout à fait formée par l'action de la vapeur de mercure. Ces vapeurs ont, en effet, la propriété d'effacer plus ou moins complètement l'impression produite par la lumière, en ramenant peu à peu la couche sensible à son état primitif. C'est à cette cause qu'il faut rapporter les nombreux succès signalés, à l'origine de la découverte de Daguerre, par plusieurs voyageurs munis, à cette époque, de daguerréotypes soigneusement emballés dans des caisses

étroites, où les vapeurs d'iode pouvaient se répandre dans la chambre noire et dans la boîte à mercure, dont elles imprégnaient les parois.

Il conviendra donc, surtout si la température est élevée, de prendre des précautions spéciales pour éviter la diffusion de ces vapeurs dans la cabane photographique, et spécialement dans le voisinage du châssis porte-plaque de la lunette et des boîtes à mercure.

MOYENS A EMPLOYER POUR OBTENIR LA PLUS GRANDE NETTETÉ POSSIBLE DES IMAGES. — ÉLÉVATION DE LA LUNETTE ET DU MIROIR AU-DESSUS DU SOL.

Dans le but de diminuer autant que possible les ondulations des images, dues au mélange imparfait des couches d'air inégalement échauffées, surtout dans le voisinage du sol, il conviendra d'élever le pilier longitudinal qui doit supporter la lunette et le miroir à une certaine hauteur au-dessus du sol, supérieure à celle qui a été employée dans les expériences du Luxembourg (où la lunette était à 1^m30 du sol); il serait à désirer que l'on pût porter cette hauteur à 2 mètres, en ajoutant à chacune des extrémités du mur et sur le sol une plate-forme en bois ou en pierre, d'une hauteur convenable, 40 à 60 centimètres, pour que les observateurs soient assez élevés et à leur aise, dans le maniement du porte-plaque ou du miroir.

Cependant la partie du mur comprise entre l'objectif de la lunette et le miroir ne devra pas être élevée à une aussi grande hauteur que le reste, afin d'éviter que les rayons lumineux ne passent trop près de la face supérieure du

mur. Une hauteur de 50 centimètres dans cette partie du mur sera probablement suffisante.

Il est à désirer que l'extrémité de la lunette soit rapprochée du miroir, autant que l'ombre portée du toit de la cabane le permettra, sans toutefois que les rayons rasant de trop près le toit, lequel devra, en tous cas, être recouvert de toile; il sera bon de conserver, s'il est possible, une distance de 1 mètre entre les rayons et le toit.

SITUATION DE L'EXTRÉMITÉ DE LA LUNETTE PORTANT L'OBJECTIF.

Une autre remarque relative à la position de l'extrémité de la lunette, dirigée hors de la cabane, mérite quelque attention. Si l'objectif se trouve situé à l'intérieur de la cabane, près d'une petite fenêtre, volet ou coulisse que l'on ouvrira au moment des opérations, l'air plus chaud de l'intérieur sortira par l'ouverture en passant devant l'objectif, et se mélangera à l'air extérieur sur le passage même des rayons, circonstance très-mauvaise sous le rapport des ondulations. Il conviendra donc de ménager à cette extrémité de la cabane une très-large ouverture comprenant, s'il est possible, la paroi tout entière, ou bien encore de disposer les choses de manière à ce que l'extrémité de la lunette dépasse la paroi de la cabane, et sorte au dehors de 50 centimètres environ; pendant l'intervalle des opérations cette partie de la lunette serait protégée par un abri léger et facile à enlever, semblable à celui qui sera placé sur le miroir.

VENTILATION DE LA CABANE ET DE L'INTÉRIEUR
DE LA LUNETTE.

Les inégalités de la température des diverses couches de l'air, à l'intérieur de la cabane et dans la lunette, sont des causes certaines d'ondulations et de trouble dans les images. Il sera donc important d'adopter, dans la construction de la cabane, des dispositions propres à assurer une large circulation d'air, de ne pas en chauffer l'intérieur, et de se servir, pour l'agitation et le renouvellement de l'air à l'intérieur de la lunette, du petit ventilateur à rotation, joint à chaque appareil, avec lequel il faudra procéder par *aspiration* plutôt que par refoulement, afin d'éviter surtout la projection des poussières à l'intérieur de la lunette.

POSITION DU FOYER PHOTOGRAPHIQUE. — INFLUENCE
DE LA TEMPÉRATURE.

Des soins particuliers doivent être pris pour connaître avec précision le plan focal de plus grande netteté, et en fixer la position d'après le numéro des divisions tracées sur le coulant ou tuyau de tirage de l'instrument. De plus, on doit s'attendre à de petites variations dans la position de ce foyer, par l'effet de changements notables dans la température (probablement 1 millimètre environ de raccourcissement apparent pour une élévation de température de 20°). Sans nous occuper ici des précautions très-grandes qu'il faudra prendre pour éviter que le miroir plan ne se déforme sous l'influence des rayons solaires, auxquels il ne devra rester exposé que le temps rigoureusement néces-

saire pour chacune des épreuves successives, nous devons indiquer comment on obtiendra sûrement le maximum de netteté, compatible avec l'état variable de l'atmosphère de chaque jour.

Dans ce but, on établira d'abord entre les deux verres de l'objectif, au moyen de l'échelle de divisions gravées sur la monture à tirage, l'écartement reconnu le plus favorable à l'achromatisme photographique, dans les expériences antérieures du Luxembourg; cet écartement peut être considéré comme fixé définitivement pour toutes les lunettes. La vérification ne devrait en être tentée que si, tous les préparatifs étant complets longtemps à l'avance, on avait des loisirs convenables. Dans ce cas, il faudrait remarquer que, pour un accroissement dans l'écartement des verres de 1^{mm}, il se produit un raccourcissement du foyer d'environ 10^{mm}; l'opération est du reste très-simple et ne demande qu'un peu de temps et de soins.

En laissant donc l'écartement des verres fixe et invariable, on placera d'abord le châssis porte-plaque au numéro des divisions du coulant, déjà déterminé dans les expériences du Luxembourg pour chacune des cinq lunettes, comme donnant les épreuves les plus nettes. Puis on fera, sur une même plaque, cinq ou six épreuves du Soleil, par zones, en faisant marcher le coulant, à chaque épreuve, de $\frac{1}{2}$ millimètre en $\frac{1}{2}$ millimètre, en-deçà et au-delà de la première position. L'examen comparatif des bords du Soleil, sur chaque épreuve, fera connaître avec certitude, après deux ou trois opérations semblables, la position du porte-plaque correspondant à la plus grande netteté. On notera en même temps les températures indiquées par

un ou deux thermomètres fixés sur le tube de la lunette.

Ces expériences étant terminées et le point de plus grande netteté étant fixé pour une température bien connue, il conviendra de reprendre ces expériences un autre jour, dans des conditions thermométriques aussi différentes que possible, ce qui fera connaître quelle peut être l'influence de la température sur la position du foyer, ainsi que la petite correction, qu'il pourra être utile d'apporter à la position du porte-plaque, lorsque tout l'appareil éprouvera des changements de température un peu notables.

OBSERVATIONS DU THERMOMÈTRE ET DU BAROMÈTRE AU MOMENT DU PASSAGE.

Les degrés de température et les hauteurs du baromètre, pendant le passage, seront nécessaires pour la discussion et le calcul des observations, notamment pour les corrections dues à la réfraction. Ces données étant également nécessaires pour les observations astronomiques faites aux équatoriaux, elles ne sont pas spéciales pour la photographie, et nous n'avons pas à y insister. Il sera utile cependant que le thermomètre, placé sur le corps de la lunette photographique, soit observé de 30 minutes en 30 minutes, pendant le passage.

PRÉCAUTIONS CONTRE LE DÉPÔT DE ROSÉE SUR LES VERRES.

Si le temps était humide et chaud, le jour du passage, les jours précédents ayant été froids, il pourrait arriver que les

verres de l'objectif et le miroir fussent ternis par la vapeur d'eau se déposant en rosée. Cet effet est en général passager et se produit dans les premiers moments de l'afflux de l'air extérieur sur les surfaces plus froides des appareils. Il sera donc utile d'établir, plusieurs heures à l'avance, une large circulation d'air autour des appareils, afin de hâter le moment de l'équilibre des températures. Dans tous les cas, il sera bon de s'assurer, avant de commencer les opérations, que toutes les surfaces de verre sont bien nettes.

Si le climat d'une station se trouve être particulièrement humide, il sera utile de placer, dans le tube de la lunette, près du coulant, quelques fragments de chaux vive, renfermés dans du papier ou dans une boîte close de carton, ce qui maintiendra constamment l'air intérieur à un état de sécheresse convenable. La même précaution devra être prise au sujet des boîtes renfermant les plaques préparées à l'avance, pour lesquelles les effets de l'humidité sont à craindre. Il n'en est plus de même lorsque les épreuves sont terminées, au mercure; elles ne réclament plus aucune précaution spéciale sous ce rapport.

INTENSITÉ LUMINEUSE ET DURÉE D'EXPOSITION.

On sait que l'intensité lumineuse est plus faible aux bords du Soleil qu'au centre; il importe cependant que les épreuves, faites pendant le passage, présentent des bords nettement tracés, afin de faciliter les mesures qui seront faites ultérieurement. Il sera donc utile d'opérer avec des durées d'impression un peu plus grandes qu'on ne le ferait, si l'on voulait obtenir des épreuves artistiques, donnant les taches

solaires et l'apparence sphérique du disque entier, avec le plus d'effet. Cependant, il ne faudrait pas exagérer la durée d'impression, ce qui pourrait produire une dilatation sensible du diamètre solaire, surtout si la plaque n'était pas très-exactement au foyer. Il est évident d'ailleurs que toutes les épreuves devront être aussi semblables que possible, sous le rapport de l'intensité de l'impression.

On sait, d'autre part, que la rapidité de l'impression est directement proportionnelle à l'intensité de la lumière, en sorte que, pour obtenir des effets identiques, avec des intensités lumineuses différentes, il faut que les durées d'exposition soient en raison inverse des intensités lumineuses, lorsque la couche sensible reste la même. Lors donc que l'éclat du Soleil viendra à changer, soit par l'effet de la variation de hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon, soit par l'effet de modifications survenues dans la transparence de l'atmosphère par des brumes, brouillards ou nuages légers, il y aura lieu de modifier l'ouverture ou la vitesse du passage de l'écran, de manière à obtenir toujours des épreuves de même intensité. L'emploi de l'écran à fentes multiples longitudinales abrégera beaucoup les tâtonnements nécessaires pour atteindre ce but.

Notons encore, à ce sujet, quelques points importants :

MESURE PAR LE DIAPASON DE LA VITESSE DE L'ÉCRAN ET DE LA DURÉE DE L'IMPRESSION.

Pour mesurer la vitesse de chute de l'écran, noircir à la flamme d'une bougie un bord de l'écran, et en approcher

pendant son mouvement un index léger, fixé à l'extrémité du diapason mis en vibration. Le nombre des battements inscrits sur le noir de fumée, dans une longueur déterminée, (la durée d'une vibration étant connue) donnera immédiatement la vitesse.

ORIENTATION DU CHASSIS PORTE-PLAQUE.

Rectifier, de temps en temps, pendant le passage, l'orientation du châssis porte-plaque, afin que le mouvement de l'écran ait toujours lieu, à très-peu près, dans une direction normale à la ligne joignant les centres des deux astres.

AVANTAGES DU MOUVEMENT RAPIDE DE L'ÉCRAN.

Il y aura avantage, sous certains rapports, à préférer les grandes vitesses et les grandes ouvertures d'écran, aux vitesses et aux ouvertures plus faibles, qui produiraient des images de même intensité. L'influence du mouvement diurne, pendant le passage de l'écran, aura moins d'inconvénients avec les grandes vitesses, lesquelles donneront lieu à des corrections plus faibles, pour les positions relatives des points de l'image non situés perpendiculairement à la direction du mouvement de l'écran.

ACCIDENTS DIVERS A ÉVITER. — IODAGE ET BROMAGE.

Pendant que la plaque est à l'iode ou au brome, il faut éviter avec soin tous les chocs qui pourraient être imprimés à la plaque ou à la boîte, celle-ci devra être fixée

par des vis sur la table des expériences. Ces précautions ont pour but d'éviter que des poussières, imprégnées d'iode ou de brome, ne se fixent sur la couche sensible, où elles donneraient lieu infailliblement à des points noirs.

Pendant l'exposition à l'iode et au brome, il est nécessaire, pour assurer l'égalité d'épaisseur de la couche sensible, de retourner plusieurs fois la plaque de 180° dans son plan. Il conviendra, en outre, de s'assurer de temps en temps, pendant les expériences préliminaires, que les boîtes à iode sont en bon état, et de renouveler l'iode, s'il y a lieu, ainsi que le bromure de chaux, quand sa teinte sera devenue plus pâle.

Le meilleur moyen d'assurer le fonctionnement régulier des boîtes à iode, est de placer auprès d'elles un thermomètre dont les indications seront soigneusement notées, dans plusieurs séries d'essais, ainsi que le temps pendant lequel chaque plaque aura été exposée aux vapeurs d'iode ou de brome. Après quelques séries d'expériences semblables, il suffira de consulter le thermomètre pour prévoir, avec certitude, les durées d'exposition les plus convenables à la formation de la couche sensible.

Pour les stations du Nord, Chine et Japon, on doit prévoir des températures d'hiver très-basses ; dans ce cas, il faudra maintenir artificiellement les boîtes à une température constante, voisine de 10° , et employer du bromure de chaux très-foncé en couleur.

Pour les stations du Sud, on aura des températures d'été probablement peu élevées, à Saint-Paul et à Campbell, mais certainement plus chaudes à Nouméa. L'effet

d'une température élevée n'est à craindre que pour le brome, qui agirait sur la plaque dans un temps trop court et d'une manière inégale; dans ce cas, on aura recours à du bromure de chaux de teinte très-pâle, de manière à ramener la durée d'exposition au brome à 25 ou 30 secondes, ce qui est le plus convenable.

EXPOSITION AU MERCURE. — OBSTACLES A L'ÉMISSION
DES VAPEURS.

Toutes les boîtes à mercure, de même que toutes les boîtes à iode, devront être mises en expériences et éprouvées, longtemps avant le jour du passage. Mais il arrive quelquefois que, lorsque une boîte à mercure est longtemps de suite maintenue à la température de 60° à 70°, elle devient tout à fait impropre au développement des images, comme si l'on avait enlevé le mercure de la cuvette. Cet accident est dû à une mince couche d'oxyde, qui recouvre le bain de mercure et s'oppose à l'émission des vapeurs. Il convient donc de nettoyer de temps en temps la surface du bain, en passant le mercure dans un entonnoir et en s'abstenant de recueillir les dernières portions qui s'écoulent; on se débarrassera ainsi de la couche d'oxyde, qui remonte toujours à la surface du bain.

ALTÉRATION POSSIBLE DE L'ARGENTURE DU MIROIR.

Si la surface argentée du miroir venait à perdre ses propriétés réfléchissantes, sous l'influence de vapeurs salines ou sulfureuses, il serait nécessaire d'argenter de nouveau

la surface altérée, quelque temps avant l'époque du passage. Chaque station étant munie des réactifs nécessaires pour cette opération, et l'un au moins des observateurs s'étant exercé à l'avance à ce genre de manipulation, on doit espérer que le miroir pourra être rétabli dans son état primitif. Cependant, si des circonstances accidentelles s'opposaient au succès de cette opération, il resterait encore un moyen d'exécuter avec succès la plupart des opérations photographiques : ce serait d'enlever le reste de l'argent et de mettre à nu, d'une manière complète, la surface du verre. On se servirait alors de cette surface comme d'un miroir qui serait aussi propre que le précédent à donner de bonnes images, mais qui les donnerait avec une intensité vingt fois plus faible. Dans ce cas, rien ne serait changé aux opérations, si ce n'est qu'il faudrait toujours employer le brome, afin de donner aux plaques une sensibilité suffisante. Il conviendrait, de plus, de couvrir la seconde surface du miroir d'un vernis noir, afin d'éteindre les rayons qui, après s'y être réfléchis, viendraient troubler l'image principale.

S'il survenait enfin un accident plus grave, tel que la rupture du miroir, on pourrait tenter encore de faire un certain nombre d'épreuves photographiques, en dirigeant directement la lunette sur le soleil, à l'aide d'un pied improvisé avec quelques pièces de bois que l'on pourrait avoir à sa disposition. Les épreuves obtenues dans ces circonstances seraient sans doute en nombre très-limité; mais, comme elles pourraient être d'une grande perfection, elles offriraient encore beaucoup d'intérêt et d'utilité.

DÉTAILS SUR LE LAVAGE ET LE FIXAGE DES ÉPREUVES.

Voici un résumé des opérations finales destinées à terminer les épreuves et à les rendre inaltérables ; ces opérations ne doivent, en général, être exécutées qu'après le retour des expéditions, pour le plus grand nombre des épreuves. Cependant, comme un certain nombre d'entre elles pourront être terminées dans les stations mêmes, et que, d'autre part, il y aura une certaine quantité d'épreuves d'essai et de vues pittoresques à terminer de suite, il peut être utile de rappeler brièvement de quelle manière on doit procéder pour éviter les tâtonnements et les mécomptes.

On verse d'abord sur la plaque iodée, portant une image, quelques gouttes d'alcool ordinaire, lequel s'étend rapidement sur toute la surface ; on la plonge ensuite dans une cuvette renfermant de l'eau et l'on agite pendant quelques instants ; de là, elle est transportée dans une autre cuvette où l'on a versé, jusqu'à une hauteur convenable (6 à 8 millimètres), une dissolution d'hyposulfite de soude au vingtième ; on agite sans cesse, jusqu'à la disparition complète de la couche jaune d'or. A ce moment, la plaque, soulevée avec un crochet, est enlevée et placée tout humide dans un grand entonnoir en verre, où elle est lavée pendant quelques instants à l'eau pure, puis posée horizontalement sur le support à fixer.

On verse alors sur sa surface autant de dissolution de sel d'or à fixer que la surface en peut retenir, puis on chauffe rapidement avec une lampe à alcool de force moyenne, en

ayant soin de chauffer les angles et les bords autant que le centre. L'opération étant faite dans un lieu bien éclairé, on voit l'image s'assombrir d'abord, puis, quelques instants après, prendre un vif éclat sur toute sa surface ; l'opération est alors terminée ; la plaque est penchée, pour laisser écouler la liqueur qui ne doit servir qu'une seule fois, puis elle est placée rapidement et tout humide dans l'entonnoir de verre, pour y être lavée quelque temps à l'eau pure (eau distillée ou eau de pluie), et enfin séchée à l'aide d'une lampe à alcool promenée sur le revers de la plaque. L'épreuve est alors fixée et complètement achevée.

Le sel d'or à fixer se prépare, en quelques instants, de la manière suivante : il faut d'abord faire dissoudre 5 grammes d'hyposulfite de soude dans $\frac{1}{2}$ litre d'eau pure, et 1 gramme de cholure d'or brun également dans $\frac{1}{2}$ litre d'eau pure ; il faut ensuite verser *la solution d'or dans la solution de soude*, lentement, peu à peu et en agitant toujours le sel de soude. On a ainsi un litre de sel d'or à fixer, qui peut servir pour un grand nombre de plaques, et qui se conserve parfaitement sans altération ; toutes les liqueurs employées dans ces opérations et ces lavages doivent être limpides, et il convient de les filtrer s'il vient à se former quelque léger dépôt au fond des flacons ; il est important de changer, à chaque épreuve, la solution d'hyposulfite au vingtième, destinée à dissoudre l'iodure, ou au moins de ne pas s'en servir pour plus de deux ou trois épreuves consécutives ; sans cette précaution, il se produit souvent un voile bleuâtre sur l'épreuve, pendant le fixage au sel d'or.

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS A INSCRIRE SUR LES TABLEAUX
DES OBSERVATIONS.

Il est à désirer que les tableaux des observations renferment, au moins, les éléments suivants, disposés en colonnes verticales successives.

- 1° *Numéros des plaques;*
- 2° *A l'iode ou au brome;*
- 3° *Heure;*
- 4° *Tirage du coulant de la lunette;*
- 5° *Grandeur de l'ouverture de l'écran mobile;*
- 6° *Vitesse de la chute de l'écran mobile;*
- 7° *Angle d'orientation du châssis porte-plaque avec la verticale;*
- 8° *Température de la lunette;*
- 9° *Température extérieure;*
- 10° *Hauteur du baromètre;*
- 11° *État du ciel;*
- 12° *Remarques particulières.*



PROGRAMME

DES

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

QUI DEVRONT ÊTRE EFFECTUÉES

DANS TOUTES LES STATIONS ⁽¹⁾

D'APRÈS UNE DÉCISION PRISE
PAR LA COMMISSION DU PASSAGE DE VÉNUS, DANS LA SÉANCE DU 16 MAI 1874.

M. YVON VILLARCEAU
rapporteur.

Dans la séance du 30 mars 1874, M. le président de la Commission du passage de Vénus a chargé MM. les astronomes et les chefs de station de préparer le programme des observations astronomiques à effectuer dans les stations. A la suite de plusieurs conférences, dans lesquelles les diverses questions ont été débattues, ce programme a été préparé pour être soumis à la Commission, qui l'a adopté.

Les opérations qui sont du ressort de l'astronomie et qui doivent être effectuées dans chaque station étant assez

(1) Ce rapport a été présenté à la Commission dans sa séance du 2 mai.

nombreuses, nous serons obligés de les classer ; toutefois, il nous a semblé préférable de les présenter par ordre d'importance, plutôt que de suivre l'ordre dans lequel ces opérations devront se succéder. Cet ordre de succession se présentera d'ailleurs de lui-même, et si naturellement que nous ne croyons pas nécessaire de le rétablir en terminant ce Rapport.

§ I. — OBSERVATIONS DU PASSAGE DE VÉBUS.

Les discussions qui ont eu lieu dans le sein de la Commission ont mis hors de conteste que le principal obstacle à la précision des observations est celui qu'opposent les ondulations des images. Partageant leurs effets en deux, les uns généraux ou d'ensemble, les autres locaux, on a reconnu que les mesures micrométriques que l'on serait tenté d'étendre aux régions un peu éloignées de celles des contacts ne pourraient fournir aucun résultat utilisable. Il reste ainsi à considérer les observations des contacts dans lesquelles les déviations locales des rayons visuels sont identiques, et les mesures micrométriques faites dans le voisinage des contacts, pour lesquelles les déviations locales sont peu différentes ; ce qui suffit déjà à établir la supériorité de l'observation des contacts. La précision, dans l'un et l'autre cas, dépendra du degré de netteté que pourront conserver les images, sous l'influence des troubles locaux occasionnés par les ondulations. Or, si l'on tient compte des difficultés considérables que ces ondulations ajouteront à des observations déjà difficiles par elles-mêmes, lorsqu'on a affaire à des images calmes, on conser-

vera peu d'espoir d'utiliser les mesures micrométriques faites dans le voisinage des contacts. La Commission n'en ayant pas prescrit la suppression, nous avons cru devoir les maintenir dans notre programme, sous toutes réserves quant à l'usage qui pourra en être fait ultérieurement.

Soit qu'il s'agisse des observations des contacts, soit que l'on veuille faire des mesures micrométriques dans leur voisinage, on aura à lutter contre les ondulations : le trouble qu'elles occasionnent ordinairement, dans les images du limbe solaire, rend très-difficile et souvent presque impossible la mise au point des oculaires. .

Les observateurs devront faire tous leurs efforts pour réduire les ondulations et réaliser une mise au point des oculaires qui soit tout à fait correcte ; le succès de l'entreprise repose, en ce qui concerne les observations astronomiques, sur la stricte exécution des règles qui vont être posées.

1° Précautions contre les ondulations. — Le parquet des cabanes d'observation devra être élevé d'au moins 1 mètre au-dessus du sol ; les panneaux des coupoles seront enlevés, si l'air est calme ; dans le cas contraire, on ne laissera en place que ceux qui seront strictement nécessaires pour garantir l'instrument et l'observateur contre la violence du vent. Des lames du parquet seront enlevées, dans les régions exposées directement à l'action des rayons solaires. Un léger écran sera adapté au tube de la lunette, en arrière de l'objectif, pour garantir le tube de la lunette contre l'action du soleil ; mais, afin que cet écran n'ait pas d'action perturbatrice sur l'air en contact avec l'objectif, on

devra lui donner une forme conique et le peindre en blanc.

En ce qui concerne le trouble des images dû à l'échauffement de l'air dans le tube de la lunette, et pour parer d'ailleurs aux inconvénients des verres colorés, on aura recours à la demi-argenture de la surface extérieure de l'objectif. (Procédé de L. Foucault.) (1).

2° *Mise au point.* — Nous avons mis à contribution les documents contenus dans l'important mémoire de MM. Wolf et André, et nous aimons à penser qu'ils permettront aux observateurs, munis des instruments que la Commission va leur remettre, d'échapper aux causes d'erreur que n'ont pu éviter la plupart de leurs devanciers. La mise au point d'un oculaire sur les fils d'un réticule n'offre aucune difficulté à un observateur exercé : il en est tout autrement, quand il s'agit de mettre le réticule au foyer de l'objectif en opérant à l'aide du soleil ; on n'y parvient qu'autant que les images sont calmes. Voici ce que nous proposons à cet égard. Le micromètre s'engage dans un manchon, par lequel se termine le tube de la lunette du côté de l'oculaire, et que l'on nomme *coulant* : cet appendice devra porter une échelle de divisions parallèle à l'axe, et le tube du micromètre sera muni d'un *index* à l'aide duquel on pourra déterminer la position du réticule, ou plutôt la

(1) On a aussi proposé d'employer un ventilateur, afin d'obtenir le renouvellement artificiel de l'air contenu dans le tube de la lunette ; les membres de la Commission regrettent qu'il n'ait pas été fait d'essais pour constater les avantages d'une méthode qui paraît rationnelle.

variation de ses positions, par rapport au tube de la lunette. Ayant adapté au micromètre l'un des plus forts oculaires, et effectué la mise au point de cet oculaire sur les fils, on dirigera la lunette sur une belle étoile, et l'on amènera son image nette à se produire dans le plan des fils ; alors on notera la position du micromètre, au moyen de l'échelle tracée sur le coulant, puis la température du tube de la lunette ; on notera également les indications des cercles dont est pourvu l'instrument, de manière à pouvoir en déduire la distance zénithale de l'étoile (1).

On répétera cette opération, soit avec la même étoile, soit avec d'autres étoiles, dans des conditions variées de température et de distances zénithales. Les mêmes opérations se feront au moyen des images des taches et des bords du soleil ; toutefois, il conviendra de choisir les moments de calme des images. Quand on aura recueilli un assez grand nombre de ces déterminations, on cherchera à représenter les lectures faites sur le coulant, par une fonction linéaire de la température. Si les différences entre les observations et la fonction linéaire excèdent les erreurs d'une détermination isolée de la position du coulant, on complètera la fonction par un développement trigonométrique, procédant suivant les sinus et cosinus des multiples de la distance zénithale.

Il sera facile de réduire en table la formule ainsi obtenue.

(1) Les images des étoiles observées à de certaines distances du zénith subissent un effet de dispersion, qui en rend le pointé douteux ; cette circonstance, dans laquelle le lieu du centre de l'image est incertain pour l'observateur, ne doit-elle pas amener une incertitude dans la mise au point ? L'observation permettra de le vérifier, lorsqu'il sera tenu note de la distance zénithale.

nue, table qui n'aura qu'une seule entrée, la température, si la distance zénithale est indifférente, et qui en aura deux dans le cas contraire.

On se servira de cette table pour la mise au point, et le résultat de l'opération sera de beaucoup plus précis que l'opération directe sur le soleil, puisqu'on n'aura pas à lutter contre les ondulations, et que, celles-ci n'interviennent-elles pas, on obtiendra l'exactitude correspondante à la moyenne d'un grand nombre de déterminations.

3° *Observations astronomiques.* — En conséquence, un quart d'heure avant le moment prévu de l'entrée de la planète sur le disque du soleil, on consultera le thermomètre, et l'on ajoutera à sa lecture la variation probable pendant la demi-heure qui va s'écouler; on tiendra compte, *au besoin*, de la distance zénithale, calculée à l'avance pour le même instant, et, avec ces éléments, on tirera de la table la position du micromètre au moyen de laquelle on réglera la distance focale (1).

Ensuite, on adaptera sur le micromètre divers oculaires, en les mettant au point sur les fils, et l'on choisira, pour l'observation, le plus fort de ceux pour lesquels les images des taches ou du bord du soleil conserveront un degré de netteté suffisant.

Le moment du contact, le numéro de l'oculaire et les particularités du phénomène seront inscrits brièvement

(1) On évitera la construction d'une table à double entrée, si on limite aux distances zénithales du commencement et de la fin du passage de Vénus les observations de mise au point : alors le problème sera résolu par la construction de deux tables à simple entrée.

sur le cahier d'observations, avant toute communication avec un autre observateur. Sans perdre de temps, les mesures micrométriques seront poursuivies, jusqu'au point où elles deviendront trop incertaines. On se conformera, sur ce point, aux indications contenues dans le Rapport de MM. Yvon Villarceau et C. Wolf (page 337). Toutefois l'observateur devra se tenir en garde contre la fatigue, et, lors même que la corde décrite par le centre de Vénus resterait assez voisine du limbe solaire pour permettre de poursuivre ces mesures sans interruption, il serait dangereux de ne pas les interrompre ; autrement, on s'exposerait à manquer la sortie, par suite d'un excès de fatigue.

Il sera d'ailleurs plus important de faire des mesures des différents diamètres de Vénus, que de se livrer à des mesures de distances au bord du soleil, qui ne seront peut-être pas utilisées.

Avant de se remettre au travail, les observateurs compléteront les notes relatives au phénomène du contact. On doit toujours se prémunir contre les idées préconçues ; les observateurs reproduiront donc aussi exactement que possible leurs propres impressions : les témoignages ainsi recueillis, qu'ils soient positifs ou négatifs, à certains points de vue, recevront un accueil également favorable.

Vers le milieu du passage, le chef de station fera observer ou observera lui-même, à l'instrument méridien, le passage d'une étoile horaire au moins, et fera précéder et suivre cette observation d'un azimut et d'un nivellement.

Lorsqu'on voudra reprendre les mesures micrométriques et observer la sortie, il faudra renouveler la mise

du réticule au foyer, en se servant de la table spéciale à cet objet, comme il a été indiqué pour les observations de l'entrée.

La réduction des observations micrométriques, comme celle des observations photographiques, exige que le thermomètre, extérieur et le baromètre soient observés deux à trois fois par heure, durant le passage, ainsi que dans l'heure qui le précède et dans celle qui le suit.

Le jour du passage, il sera fait des observations méridiennes de passages d'étoiles horaires et de circompolaires, *avant* et *après* le phénomène, ainsi que des déterminations de la collimation; la pendule d'observation et les chronomètres seront comparés avec tout le soin nécessaire. Il serait de la plus haute imprudence de négliger quelques-unes de ces prescriptions, *après* l'observation du passage : le ciel peut se couvrir, dès le commencement de la soirée, rester couvert pendant plusieurs jours, et produire ainsi une dangereuse incertitude sur les temps des observations.

§ II. — OBSERVATIONS MÉRIDiennes.

Bien qu'il ne soit pas nécessaire d'apporter une extrême précision dans la détermination du temps et des coordonnées géographiques des stations, nous avons cru répondre au désir qui nous a été manifesté par MM. les chefs de station, en proposant un programme d'opérations précises : c'est que, en effet, les bonnes observations ne coûtent pas plus de temps ni de peines que les mauvaises; la différence entre les deux ordres de résultats tient uniquement

à la manière d'opérer, quand les instruments restent les mêmes.

Les instruments méridiens que la Commission met à la disposition des observateurs appartiennent au Bureau des longitudes et au Dépôt de la marine ; ils sont complétés par une collection d'objectifs et de plaques de mire. Un objectif à très-long foyer et une croisée de fils, portés l'un et l'autre sur deux piliers dont la distance est égale à la distance focale de cet objectif, constituent une mire méridienne. Un tel appareil est destiné à fixer et conserver la direction du méridien, avec une sécurité *proportionnelle à sa longueur focale* ; il permet d'utiliser les observations d'étoiles horaires, lorsque, par une cause quelconque, les observations de circompolaires font défaut : il offre, en outre, l'avantage de permettre de juger, d'un coup d'œil, la bonne détermination des corrections instrumentales. Enfin, la mire méridienne offre le moyen le plus commode de déterminer la collimation en effectuant des pointés sur la mire, à l'aide du fil mobile du micromètre, dans les deux positions de l'instrument. Ces considérations nous ont conduits à vous proposer de compléter, sous ce rapport, les divers instruments méridiens.

Il a été jugé utile d'organiser, dans chaque station, un service régulier d'observations méridiennes sur les bases suivantes :

1° *Position des fils du réticule.* — La déterminer au moins une fois par semaine, par des observations de jour, la lunette étant dirigée sur le fond bleu du ciel, et non sur les nuages ; noter la température de l'instrument, ou, à défaut

d'un thermomètre convenablement installé, la longueur de la bulle du niveau posé sur l'instrument méridien.

2° *Étude des fioles du niveau (1) et inégalité des tourillons.* — Les fioles de niveau seront étudiées et la valeur angulaire de leurs parties, déterminée par trois séries, au moins, d'observations. On fera marcher la bulle dans les deux sens, d'un bout à l'autre de la fiole, en notant la température ; sauf à supprimer ultérieurement les résultats correspondants aux parties défectueuses de la fiole dans le voisinage des bouts. Quant à l'inégalité des tourillons, on choisira les moments où les inégalités de température des tourillons seront le plus faibles, pour mesurer l'inclinaison de l'axe de l'instrument dans les positions opposées et alternées, pendant tout le temps où les différences de température seront négligeables : deux ou trois séries de pareilles déterminations suffiront. Ces déterminations, de même que la suivante, seront faites avant le départ des expéditions et répétées au retour.

3° *Valeur des tours de la vis du micromètre.* — Il sera fait au moins trois observations de passages de circompolaires, à l'aide du fil mobile et dans toute l'étendue du champ : on choisira des étoiles distantes de 10° environ du pôle élevé, et l'on profitera des instants de calme des images.

4° *Collimation.* — L'objectif de l'instrument méridien étant

(1) Les observateurs sont pourvus de fioles de rechange, pour parer aux éventualités de rupture.

supposé convenablement fixé dans son barillet, ce dont on se sera assuré une fois pour toutes, on étudiera les variations de la collimation avec le temps et la température, au moyen de pointés faits dans les deux positions de l'instrument, sur la mire, d'une part, et au nadir, d'autre part. Ces observations seront faites de jour : quant au pointé nadiral, on donnera à l'axe de rotation l'inclinaison nécessaire pour dégager le lieu commun du fil et de son image, du voisinage des fils fixes et de leurs images. Ces déterminations, comparées à celles qui résulteront des observations des circompolaires, fourniront d'utiles renseignements sur l'existence ou l'absence de flexions latérales (1).

5° *Détermination de l'heure.* — Chaque jour, il sera fait deux séries d'observations d'étoiles horaires, séparées par un retournement. Avant la première série, et après la seconde, on comparera soigneusement la pendule et les chronomètres. Cette prescription est fondée sur ce que, la pendule étant exposée à des variations de température qui pourront dépasser une quarantaine de degrés, du jour à la nuit, elle ne peut jouer le rôle de garde-temps. Les chronomètres, que l'on pourra aisément mettre à l'abri de pareils changements de température, présenteront, sous ce rapport, de bien plus sérieuses garanties.

Le niveau ayant été retiré de sa boîte, les trappes se-

(1) Les observations de circompolaires, faites suivant les conditions indiquées dans la Note sur le cercle méridien n° II de Rigaud (*Annales de l'Observatoire de Paris* [Mémoires], tome IX, page 4), permettent d'obtenir la collimation exempte des effets de la variation azimutale qui peut se produire dans l'opération du retournement.

ront ouvertes et l'éclairage installé, au moins une demi-heure avant les observations. Le niveau étant posé sur l'axe, on fera un azimut (série de dix pointés sur la mire); après quoi, on effectuera une série de nivellements pouvant fournir deux à trois résultats distincts : la durée de la série d'observations des étoiles n'excédera pas une heure un quart, ce qui permettra d'observer 12 ou 15 étoiles horaires (5 ou 6 suffiraient); cette série devra comprendre une observation de circompolaire très-voisine du pôle, faite au fil mobile (10 pointés dans le voisinage du méridien). Dans les stations où ces circompolaires ne seront pas observables, il y sera suppléé par deux ou trois observations de circompolaires plus éloignées du pôle. La série se terminera par un azimut et un nivellement, effectués dans les conditions indiquées pour le commencement de la série.

Après avoir retourné l'instrument, l'observateur prendra le repos qu'il jugera nécessaire et procédera à une nouvelle série d'observations, précédée et suivie de nivellements et d'azimuts comme la première.

Si le ciel vient à se couvrir pendant ou après la première série, il faudra toujours terminer cette série par les nivellement et azimut recommandés, puis retourner l'instrument et observer de nouveau l'azimut. Il sera même nécessaire, pour parer au défaut de stabilité de l'instrument, de le remettre dans sa position première et d'y faire une nouvelle observation de la mire méridienne.

6° *Détermination de la longitude par les culminations lunaires.* — Une série d'observations de culmination lunaire ne diffère de la série des observations relatives à la déter-

mination de l'heure qu'en ce que l'observation de la Lune s'ajoute à celle des étoiles, et que ces dernières doivent comprendre les quatre étoiles de culmination lunaire désignées pour le jour même.

Le chef de station pourra donc fixer l'emploi du temps, de manière que le passage de la Lune et de ses étoiles soient compris dans la première ou la deuxième série d'observations relatives à la détermination de l'heure.

Les observations de culmination lunaire seront poursuivies pendant deux lunaisons.

7° *Détermination de la latitude.* — Suivant la disposition des cercles méridiens, il sera fait usage du niveau ou du bain de mercure : nous nous bornerons aux indications relatives à ce dernier cas. Quant à l'aérage et l'éclairage, on prendra les mêmes précautions que pour les séries des observations de passages. On commencera les observations par cinq pointés au nadir, et l'on observera une quinzaine d'étoiles en hauteur, dans les limites de 30 degrés de distance zénithale et choisies à peu près symétriquement au sud et au nord : vers le milieu de la série, dont la durée ne devra pas dépasser une heure un quart à une heure et demie, on déterminera la valeur des tours de vis des microscopes, en mettant la lunette dans la position nadirale. La série se terminera par une nouvelle observation du nadir (5 pointés) : il conviendra de joindre à l'observation de la première et de la dernière étoile, celle de la hauteur du thermomètre et du baromètre, et d'espacer, dans le cours de la série, les observations thermo-barométriques de vingt en vingt minutes.

Il est expressément recommandé d'éviter d'observer les étoiles à des distances du méridien qui exigeraient d'avoir égard à l'inclinaison des fils ; cette inclinaison présente toujours de trop grandes incertitudes, dans l'état actuel des appareils portatifs.

Une seconde série, dans les mêmes conditions que la première, sera faite dans la position opposée de l'instrument : seulement l'observateur aura soin de ne pas déplacer le cercle par rapport à la lunette, afin de conserver la lecture des mêmes traits au nadir. L'instrument étant disposé et l'éclairage réglé pour la deuxième série, l'observateur attendra vingt à vingt-cinq minutes avant de commencer les observations de cette série, afin que l'instrument puisse atteindre un régime régulier de variations.

Il est essentiel que, dans la deuxième série, l'observateur prenne, pour l'observation du nadir, une position, relativement au pilier, opposée à celle qu'il occupait lors des observations nadirales de la première série.

Deux soirées au moins seront consacrées aux observations pour la latitude ; dans la seconde soirée, il conviendra de donner à la lunette, relativement au cercle, une position différente de celle qui avait lieu lors de la première.

Les observations des étoiles cataloguées devront être réduites, afin que l'observateur puisse juger, d'après l'accord des résultats, de l'opportunité de faire ou de ne pas faire une troisième détermination de la latitude.

§ III. — OBSERVATION DES HAUTEURS DE LA LUNE AU THÉODOLITE.

La théorie, d'accord avec la pratique, montre que les

observations de hauteur de la Lune, faites dans le voisinage du premier vertical, ne sont pas moins propres à la détermination des longitudes que l'observation des culminations lunaires, le pouvoir optique des instruments étant supposé le même dans les deux cas. Les observations doivent être accompagnées de mesures de hauteurs d'étoiles, peu différentes de celle de la Lune, les unes en plus, les autres en moins. Ces diverses observations doivent être accompagnées de lectures du thermomètre et du baromètre. Enfin, si l'on prend la précaution de faire toutes les observations dans un même plan vertical, les longitudes qu'on en déduira seront sensiblement exemptes des effets de l'erreur de la latitude et des erreurs communes qui peuvent affecter les hauteurs de la Lune et des étoiles, et qui proviennent soit de l'instrument, soit des réfractions, soit de l'estime du temps.

Le chef de station tiendra à ce que l'on utilise toutes les occasions d'effectuer le genre d'observation qu'on vient d'indiquer. Ces observations suppléeront, *dans une certaine mesure*, aux culminations lunaires que le mauvais temps ou le voisinage du Soleil empêcherait d'observer. Notre réserve à cet égard est motivée sur le fait que les corrections tabulaires de la Lune, que l'on déduit des observations méridiennes et des observations altazimutales de Greenwich, présentent d'assez fortes discordances. Dans plusieurs cas où il s'agissait d'utiliser les passages méridiens de la Lune observés pour la détermination des longitudes, le Bureau des longitudes a été obligé de renoncer aux corrections fournies par l'altazimut; inversement, on sera probablement conduit à n'utiliser que les

observations altazimutales, pour la réduction des hauteurs de la Lune, prises au théodolite. La difficulté que l'on rencontre ici tient sans doute à ce que l'on n'observe pas aux instruments méridiens et à l'altazimut les mêmes points du limbe irrégulier de la Lune, et, peut-être encore, à l'existence de grandes différences dans les équations personnelles relatives à l'observation des passages et des hauteurs.

§ IV. — OCCULTATIONS D'ÉTOILES PAR LA LUNE ET OBSERVATIONS A FAIRE AUX ÉQUATORIAUX.

Indépendamment des culminations et observations de hauteurs de la Lune, il conviendra d'observer les occultations d'étoiles par la Lune et d'obtenir ainsi de nouvelles déterminations de la longitude. Il sera inutile d'observer les étoiles qui décrivent, sous le limbe lunaire, des cordes très-différentes d'un diamètre; ces observations ne donneraient que des résultats d'un trop faible poids.

Les occultations seront précédées et suivies par des comparaisons de la pendule avec les chronomètres.

En général, ces observations se feront aux équatoriaux: alors il faudra, soit avant, soit après une occultation, prendre la position absolue de l'étoile, pour en fixer approximativement l'ascension droite et la déclinaison; l'indication de la grandeur de l'étoile devra être jointe à ses coordonnées.

En dehors de l'observation du passage de Vénus, il sera indispensable, pour réduire les observations micrométri-

ques, de faire un assez grand nombre de déterminations de la valeur des tours de la vis micrométrique. Pour cet objet, on observera des passages méridiens de circompolaires distantes d'environ 10° du pôle, au moyen du fil mobile du micromètre, disposé perpendiculairement à la direction du mouvement diurne : on notera la position du coulant et la température.

§ V. — INSTALLATION DES INSTRUMENTS.

Eu égard à la grande longueur focale des mires méridiennes et aux accidents du sol, il est impossible de fixer la position du centre d'un instrument méridien, tant que la direction du méridien n'est pas connue avec un certain degré de précision. La direction du méridien ne peut elle-même être déterminée, si l'on ne possède pas une valeur approximative de la latitude et du temps local.

La Commission est d'avis de ne pas recourir aux méthodes peu pratiques qui permettent de déterminer à la fois plusieurs de ces inconnues ; elle préfère les méthodes qui sont en usage dans la marine et par lesquelles ces inconnues sont obtenues successivement.

Ainsi, les observations circumméridiennes du Soleil, faites au théodolite, par exemple, feront connaître immédiatement la latitude avec la précision nécessaire à la solution du présent problème. Les observations de hauteur et d'azimut du Soleil, faites également au théodolite avec retournement, précédées et suivies de pointés faits en azimut sur un signal éloigné, fourniront d'une part l'heure locale, d'autre

part l'azimut du signal. Pour le contrôle des résultats, trois observations doubles de hauteur et d'azimut du Soleil suffiront amplement; elles n'exigeront pas plus de 45 à 50 minutes, et, si l'on tient compte de la variation azimutale du pied de l'instrument, accusée par la différence des observations du signal faites au commencement et à la fin, on obtiendra un azimut moyen dont l'erreur probable n'excédera guère une dizaine de secondes : une telle approximation est plus que suffisante.

Au moyen de l'azimut du signal, il sera facile de jalonner l'alignement méridien passant par le centre du théodolite. Cet alignement devra être conservé jusqu'à l'entier achèvement de l'installation des instruments.

1° Installation du Cercle méridien. — Dans le choix de l'emplacement, on cherchera à satisfaire le mieux possible aux conditions suivantes : éloignement des maisons ou murailles, des massifs ou allées d'arbres, grand espacement des piliers de la mire méridienne, dépression du terrain entre ces piliers, orientation de la mire à l'opposite du pôle élevé. L'emplacement étant fixé, et les places des piliers marquées par des piquets, sur un alignement parallèle à l'alignement méridien déterminé, on procédera à leur construction, en laissant provisoirement inachevée celle du pilier destiné à l'objectif de mire. En donnant à la base du pilier de l'instrument méridien la forme d'une pyramide dont les faces soient inclinées de 12° sur la verticale, on pourra limiter la profondeur de la fondation à 1 mètre environ, quelle que soit la nature des terrains, supposés d'ailleurs un tant soit peu résistants. Au-dessous du

plan inférieur de la fondation, on pratiquera une fouille de quelques décimètres cubes, qui sera remplie de charbon de bois concassé, de verre pilé, de morceaux de briques ou d'argile cuite; à l'un ou à l'autre de ces objets, on joindra des médailles ou des pièces de monnaie française, au millésime de 1874 : il sera tenu note de cette opération, qui sera inscrite au registre des observations. La base du pilier sera construite en moellons ou briques, réunis par un mortier de chaux et sable ou du ciment hydraulique; le pilier proprement dit consistera en une colonne de briques ou de moellons appareillés, revêtue d'une dalle d'au moins 20 centimètres d'épaisseur, à moins que l'on ne dispose d'un monolithe. Le parquet de la cabane sera élevé d'au moins 0^m 60 au-dessus du sol. La hauteur du pilier portant la plaque de mire sera fixée uniquement par la condition d'éviter que les rayons visuels ne rasant le sol de trop près. Quant à la distance comprise entre le pilier de l'instrument et le pilier de mire le plus voisin, elle sera, dans le cas actuel, réglée par les seules conditions d'une facile circulation autour de la cabane et de ce même pilier. La construction du pilier du cercle méridien étant achevée, ainsi que celle du pilier de la pendule, on montera la cabane.

2° *Pose du Cercle méridien.* — Les centres des galets portant les vis calantes seront réglés de manière que le point de croisement des axes de rotation et de figure de la lunette soient sur la verticale passant par le centre du pilier; les rainures des galets seront dirigées, non vers ce centre, mais préférablement vers le centre du cercle circonscrit

au triangle formé par les galets. Les côtés de ce triangle seront d'ailleurs orientés de manière que l'axe de rotation de l'instrument soit à peu près perpendiculaire à l'alignement méridien. Les galets seront scellés sur la dalle, au moyen d'une mince couche et d'un simple bourrelet de ciment hydraulique.

L'instrument étant posé sur les galets, on donnera aux montants une situation à peu près verticale, au moyen des vis de calage et du niveau. On dirigera le fil horizontal de la lunette sur la plaque de mire, sans interposer l'objectif : à cet effet, on tirera l'oculaire de manière à obtenir des images le moins confuses possible des fils et de la mire ; cette opération a uniquement pour objet de fixer à peu près la direction de la mire en hauteur. Alors on fixera la lunette et l'on posera l'objectif de mire sur son pilier, en l'élevant, au moyen de briques ou de cales en bois, à la hauteur nécessaire pour amener l'image de la mire en coïncidence avec le fil horizontal. On repérera sur le pilier la position de l'objectif de mire en hauteur, et l'on terminera la construction de ce pilier, en se réglant sur le repère. A sa partie supérieure, le pilier sera couronné par une dalle de 15 à 20 centimètres d'épaisseur, et la traverse horizontale adaptée au barillet de l'objectif de mire reposera, par ses extrémités, sur deux lits de briques ayant 12 à 15 centimètres de hauteur. Cette disposition a pour objet de soustraire les rayons visuels qui traversent l'objectif à l'influence de l'excès de température que pourrait conserver la dalle du pilier.

Avant de fixer définitivement l'objectif sur les deux lits de brique, on réglera l'orientation des fils du réticule, en

faisant en sorte que le fil mobile reste en contact avec le croisement des fils de la mire, lorsque, par un mouvement de la lunette en hauteur, on fait passer l'image de la mire du haut en bas du champ : il va sans dire que l'axe de rotation aura été préalablement amené à l'horizontalité, à l'aide du niveau. On fera des observations de la mire dans les deux positions de l'instrument, pour déterminer la position du *fil sans collimation* (1), et l'on amènera le fil du milieu du réticule dans cette position. On enlèvera l'objectif de mire, pour orienter l'instrument sur le croisement des fils de la plaque de mire. L'axe optique de la lunette se trouvant ainsi amené très-près du méridien, et l'oculaire en face du fil du milieu, on disposera un fil-à-plomb au-dessus de la dalle du pilier de mire, et on l'amènera dans la position convenable pour permettre de bissecter, à la simple vue, l'objectif de la lunette et le trou de l'oculaire. Cette position du fil-à-plomb déterminera la position du centre de l'objectif de mire, dans la direction perpendiculaire au méridien, position dans laquelle on en effectuera le scellement.

Dans cet état de choses, le centre de l'image de la mire coïncide, ou à peu près, avec le fil du milieu du réticule, ce qui rend impossible l'usage du fil mobile pour le pointé de

(1) Pour la facilité du langage, les astronomes ont depuis longtemps substitué le seul mot de *collimation* à ce que l'on désignait autrefois par les mots *erreur de collimation*. Conformément au langage moderne, nous avons nous-même introduit à l'Observatoire de Paris l'usage des mots : *fil sans collimation*, pour éviter l'emploi d'une dénomination qui nous a semblé trop longue à écrire et à prononcer. Nous reconnaissons volontiers qu'il eût été préférable d'employer celle de *fil de collimation*. (Note du rapporteur.)

la mire : afin d'éviter cet inconvénient, on déplace latéralement la plaque de mire, de manière à amener le bord de son image à être tangent au fil du milieu, et l'on fixe *provisoirement* la plaque de mire.

Le règlement définitif de l'azimut de l'instrument et de la plaque de mire se feront ensuite à l'aide des étoiles. A cet effet, on observera les passages méridiens d'une circompolaire et de deux ou trois étoiles équatoriales; cette suite de passages étant précédée et suivie d'observations de la mire et de mesures de l'inclinaison de l'axe, et la collimation étant censée obtenue par un retournement de l'instrument sur la mire. De là, on déduira l'azimut α de l'instrument et l'azimut A de la mire méridienne. Si, dans la relation qui lie ces azimuts avec les pointés sur la mire et la position v_0 du fil sans collimation, on égale à zéro l'azimut α de l'instrument, on aura

$$M = v_0 \mp \frac{\sin z_m}{k} A; \quad \text{Tête de vis } \begin{cases} \text{Est} \\ \text{Ouest} \end{cases}$$

z_m étant la *distance-zénithale-sud* de la mire, k la valeur des tours de vis du micromètre, et M le pointé sur la mire, correspondant à la position de l'instrument exactement orienté. En conséquence, on amènera la division M du tambour de la vis micrométrique sous l'index, et l'on agira sur la vis de rectification du pied de l'instrument en azimut, de manière à amener l'image de la mire en coïncidence avec le fil mobile : il ne restera plus qu'à fixer l'instrument dans la position obtenue. Cette rectification est très-exacte, et elle se maintiendra, tant que le sol lui-même ne subira point de mouvement azimutal.

L'instrument étant ainsi réglé en azimut, il restera à examiner si l'image de la mire n'est ni trop éloignée, ni trop voisine du fil du milieu. On déplacera la plaque de mire, s'il est nécessaire, et l'on en effectuera le scellement définitif.

Dans ces conditions, l'instrument, pour servir à l'observation des latitudes, n'exigera plus qu'une correction, celle des index ou pointeurs du cercle. Ayant dirigé la lunette vers le nadir, au moyen du bain de mercure, et fait la lecture correspondante du cercle, on retournera la lunette, et l'on fera une nouvelle observation nadirale, puis on déplacera, au besoin, l'index ou le pointeur qui aura servi dans cette dernière observation, de manière à obtenir la même lecture que dans la première ; cette condition est nécessaire pour assurer l'identité des traits du limbe qui seront pointés au nadir, dans les deux positions de l'instrument.

Le thermomètre devra être exposé à la hauteur de l'objectif de l'instrument dirigé vers le zénith, et au milieu de l'ouverture verticale opposée au soleil de midi.

Enfin, il est recommandé d'établir, sur le pilier de l'objectif de mire, un abri léger et étendu dans le sens du méridien, pour garantir cet objectif des effets du rayonnement et éviter ainsi la précipitation de la vapeur d'eau à l'état liquide, qui en déplace le centre optique.

3° *Installation des équatoriaux.* — Ici, comme dans le cas de l'instrument méridien, en utilisant la connaissance de la direction du méridien, on obtiendra une première ap-

proximation que l'on rectifierait, si cela était nécessaire, en ayant recours à l'observation des étoiles.

Ayant fixé la position du centre de l'instrument, sans autres conditions que celles d'un bon aérage, et élevé le pilier à une hauteur convenable, on jalonna la ligne méridienne passant par le centre du pilier, et l'on en marquera la trace sur la dalle qui le couronne. Cette trace servira à établir l'axe horaire à peu près dans le plan du méridien. Le même axe sera incliné parallèlement à l'axe du monde, au moyen du niveau approprié à cet objet. Ordinairement, les équatoriaux livrés par des constructeurs soigneux ont leurs axes horaire et de déclinaison assez exactement perpendiculaires pour qu'il ne soit pas nécessaire de se préoccuper d'un léger défaut de perpendicularité, dans l'opération que nous avons en vue. Néanmoins, s'il existait quelque doute à cet égard, voici ce qu'il y aurait à faire. Ayant disposé l'axe de déclinaison horizontalement, au moyen du niveau, et fait la lecture du cercle horaire, on retournerait la lunette, et l'on ferait une nouvelle lecture de ce cercle, après avoir rendu l'axe de déclinaison horizontal. Si la perpendicularité des axes est effectivement réalisée, on devra trouver une différence de 12 heures, exactement, entre les deux lectures. Dans le cas où la différence, diminuée de douze heures, serait par trop sensible, on agirait sur les vis de rectification de l'axe de déclinaison, de manière à satisfaire plus exactement à la condition indiquée. Un déplacement arbitraire de cet axe suffira pour indiquer le sens et la grandeur de la correction à effectuer.

L'orientation de l'instrument et la détermination de la collimation sont des opérations qui doivent marcher de

front. Voici comment on procédera : l'axe de déclinaison étant horizontal, on fera planter un jalon dans une direction telle que son image se produise à un croisement donné des fils du réticule (le centre du champ, par exemple); la lunette étant ensuite retournée, on fera planter un autre jalon dans les mêmes conditions et à la même distance de l'instrument; puis on prendra la position moyenne des deux jalons, et l'on en mesurera la distance à l'alignement méridien : cette distance représente la déviation azimutale de l'instrument. Si donc on déplace le second jalon dans le sens opposé à cette déviation, et d'une quantité égale à la distance qui lui sert de mesure; puis que l'on fasse tourner l'instrument en azimut, de manière à amener l'image du même jalon en coïncidence avec la croisée des fils, la correction de la déviation azimutale de l'instrument se trouvera effectuée; il n'y aura qu'à fixer le bâti dans la position ainsi obtenue.

Quant à la collimation, on la déterminerait aisément, mais il est inutile de s'en préoccuper, car la correction de cette erreur amènerait la croisée des fils en un point qui pourrait s'éloigner beaucoup du centre du champ : or les instruments ne sont pas pourvus de moyens de faire varier la position du centre du coulant par rapport à l'axe de déclinaison.

L'approximation ainsi obtenue suffira aux observations que nécessitera le passage de Vénus. Néanmoins, si quelques-uns des chefs de station désirent réaliser les dernières rectifications que fournissent les observations des étoiles, les astronomes de l'Observatoire s'empresseront de leur faire connaître les procédés qu'ils ont employés

pour rectifier la position des équatoriaux dans cet établissement.

§ VI. — COORDONNÉES DES ÉQUATORIAUX.

Les centres des équatoriaux seront rapportés au centre du Cercle méridien, par deux systèmes distincts de coordonnées horizontales : 1° coordonnées rectangulaires, parallèle et perpendiculaire au méridien de l'instrument des passages (sens et grandeur de ces coordonnées); 2° coordonnées polaires (distance linéaire des centres des instruments et azimut de cette distance).

Par la transformation de ces dernières en coordonnées rectangulaires, on s'assurera du degré de concordance des résultats. A défaut d'un accord suffisant, on recommencera les opérations.

L'altitude des équatoriaux sera également l'objet de deux déterminations distinctes : 1° par les nivellements barométriques ; 2° par un nivellement géodésique. Toutefois, dans le cas où cette dernière opération présenterait trop de difficultés, on se bornerait à augmenter le nombre des déterminations barométriques.

Enfin, il sera dressé un plan détaillé des lieux occupés par chaque expédition, sur lequel seront cotées les distances des instruments principaux et celles de l'un d'entre eux aux objets environnants qui paraîtront le plus susceptibles de conservation. A ce plan, on joindra le nombre de photographies qui sera jugé nécessaire.

Il sera utile de laisser, par une inscription sur quelque rocher ou sur quelque monument voisin du lieu où l'ob-

servation aura été faite, un souvenir de l'expédition, qui puisse permettre, au besoin, de vérifier quelques-uns des éléments de l'opération.

§ VII. — REGISTRE DES OBSERVATIONS.

Les observations et leurs moyennes seront transcrites, dans les vingt-quatre heures, sur un registre conforme à ceux qui sont en usage à l'Observatoire de Paris, pour les observations d'astronomie géodésique, et signées par leurs auteurs. Elles seront accompagnées des remarques jugées utiles; mais le registre ne contiendra pas la réduction (1) des observations.

Un procès-verbal détaillé de tout ce qui se rapporte à l'observation proprement dite du passage de Vénus, sera dressé, inscrit à sa date, et signé par chaque observateur.

§ VIII. — RAPPORT.

Chaque chef de station adressera à l'Académie un Rapport d'ensemble sur le résultat de ses opérations.

Telles sont les indications générales et sommaires que la Commission, dont la confiance dans le zèle, le dévouement et les lumières des chefs de station et de leurs assistants est, à la fois, entière et justifiée, se borne à recommander aux observateurs.

(1) Cette réduction se fera sur les feuilles de calcul préparées pour l'impression.

EFFET D'UNE ERREUR

Dans la position tabulaire de Vénus
sur le temps de l'entrée et de la sortie lors de son passage
sur le Soleil, au 8 décembre 1874

d'après des observations effectuées près du nœud ascendant
en 1872, 1873 et 1874

à l'observatoire royal de Greenwich

PAR

M. W. H. M. CHRISTIE.

(TRADUCTION.)

Les erreurs observées de longitude géocentrique et de distance au pôle de l'écliptique doivent être réduites d'abord en erreurs de longitude héliocentrique et de distance à ce pôle, en multipliant par les facteurs convenables. Alors, en supposant que les erreurs héliocentriques au moment du passage du 8 décembre 1874 soient les mêmes que celles du passage au nœud ascendant en 1872, 1873

et 1874, les erreurs de longitude héliocentrique et d'apopole écliptique, précédemment reconnues, devront être converties en erreurs de longitude géocentriques et d'apopole écliptique, pour le moment du passage, en les multipliant respectivement par les facteurs — 2,725 et + 2,725.

L'effet de ces erreurs sur le changement de distance entre les centres du Soleil et de Vénus, à l'entrée et à la sortie, s'obtient en calculant selon les rayons correspondants du Soleil.

Les angles de position, pour l'entrée et la sortie, mesurés du point Nord vers l'Est, sont respectivement de 45° et 345°, et l'angle au Soleil entre le cercle horaire et le cercle de longitude est 5° ; par conséquent, les angles de position en partant du cercle de longitude, pour l'entrée et la sortie, sont respectivement de 40° et 340°, et les facteurs correspondants sont :

	Entrée.	Sortie.
Facteur pour l'erreur de longitude	+ 0°, 643	+ 0°, 342
— pour l'apopole écliptique	— 0°, 766	+ 0°, 940

Le signe positif indiquant que le temps des tables est en retard pour l'entrée ou pour la sortie.

La table suivante donne les erreurs tabulaires pour le passage de Vénus du 8 décembre 1874, déduites des observations effectuées près du nœud ascendant en 1872, 1873 et 1874.

DATES.		NOMBRE d'observ ^{ns} .	ERREUR de longitude géocentrique.	ERREUR d'apopole écliptique géocentrique.	ERREUR de longitude héliocentrique.	ERREUR en apopole écliptique héliocentrique
1872.	Join 28	3	+ 2",08	+ 1",47	+ 5",03	+ 3",52
1873.	Janvier 18	7	+ 1,46	+ 0,58	+ 5,69	+ 0,79
—	Septembre 14	4	+ 1,46	+ 0,36	+ 4,58	+ 0,58
1874.	Avril 25	8	+ 2,21	+ 1,71	+ 5,41	+ 3,88

ENTRÉE.				SORTIE.			
CHANGEMENT de distance de centres par l'erreur en		CHANGEMENT Total.	ERREUR qui en résulte pour le temps de l'entrée suivant les tables.	CHANGEMENT de distance des centres par l'erreur en		ALTÉRATION totale.	ERREUR qui en résulte pour le temps de sortie selon les tables.
Longitude.	Apopole écliptique.			Longitude.	Apopole écliptique.		
— 8",76	— 7",34	— 16",09	— 7,4	— 4",65	+ 09",00	+ 4",35	+ 2,0
— 9,97	— 1,65	— 11,62	— 5,3	— 5,30	+ 02,03	— 3,27	— 1,5
— 8,08	— 1,19	— 09,27	— 4,2	— 4,29	+ 01,46	— 2,83	— 1,3
— 9,48	— 8,26	— 17,74	— 8,1	— 5,02	+ 10,12	— 5,10	+ 2,3

Il est à remarquer que les nombres inscrits dans les quatre lignes placées sous ces titres *Entrée* et *Sortie* donnent les erreurs qu'on trouve selon qu'on se fie exclusivement, pour la correction des erreurs tabulaires dans la position de Vénus, aux observations voisines de 1872, juin 28; de 1873, janvier 18; de 1873, septembre 14; ou bien à celles qui se rapprochent du 25 avril 1874.

Observatoire royal de Greenwich.

18 mai 1874.

EXTRAIT

DU

BULLETIN INTERNATIONAL

DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS.

20 mai 1874. N° 140.

ASCENSIONS DROITES ET DISTANCES POLAIRES DU CENTRE DE VÉNUS
CONCLUES DES OBSERVATIONS FAITES EN 1872 ET 1873 DANS LE VOISINAGE DES NOEUDS.

Comparaison avec les tables.

DATES.	TEMPS MOYEN de PARIS.	ASCENSION de DROITE.	SECONDES de L'ÉPHÉM. (a)	CORRECTION de L'ÉPHÉM.	DISTANCE de POLAIRE.	SECONDES de L'ÉPHÉM. (a)	CORRECTION de L'ÉPHÉM.
1872							
Juin 16	^h 23. ^m 26. ^s 21,6	^h 5. 10. 25, 7	25,60	— 0,03	67. 14. 7,0	7,4	— 0,4
17	23. 28.				67. 5. 46,8	46,4	+ 0,4
20	23. 31. 48,5	5. 31. 39,62	39,73	— 0,11	66. 44. 42,6	42,0	+ 0,6
1873							
Janvier 8	2. 59. 34,5	22. 12. 27,51	27,67	— 0,16	102. 43. 25,7	25,6	+ 0,1
16	3. 3. 0,3	22. 47. 26,34	26,25	+ 0,09	98. 54. 48,3	48,4	— 0,1
23	3. 4. 50,4	23. 16. 52,59	56,62	— 0,03	95. 24. 16,1	16,5	— 0,4
27	3. 5. 27,5	23. 23. 16,07	16,10	— 0,03	93. 21. 16,8	17,6	— 0,8
29	3. 5. 39,5	23. 41. 21,21	21,32	— 0,11	92. 19. 24,0	23,4	+ 0,6
Septembre 3	21. 22. 21,6	8. 16. 36,04	36,09	— 0,05	70. 54. 50,7	53,1	— 2,6
22	21. 38. 5,1	9. 47. 16,69	16,53	+ 0,16	76. 8. 17,2	17,5	— 0,3
23	21. 38. 50,1	9. 51. 58,40	58,26	+ 0,14	76. 29. 20,3	21,0	— 0,7
24	21. 39. 34,5	9. 56. 39,50	39,47	+ 0,03	76. 50. 47,2	48,3	— 1,1

On voit que les corrections des tables qui résulteraient des observations méridiennes de Vénus faites à Paris sont négligeables.

(a) *Nautical almanac. — Tables Le Verrier.*

EXPÉDITIONS ANGLAISES
POUR
L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS

LE 8 DÉCEMBRE 1874.

TRADUCTION DES INSTRUCTIONS AUX OBSERVATEURS

DRESSÉES

PAR SIR GEORGE B. AIRY

Astronome royal.

I.

NOMINATIONS DES OBSERVATEURS DANS LES DIVERS DISTRICTS
D'OBSERVATION ET SUBORDINATION DES OBSERVATEURS.

1. M. G. L. TUPMAN, capitaine d'artillerie de la flotte, est chef de toute l'entreprise et en est responsable, pour chacune de ses parties, envers le gouvernement, par l'intermédiaire de l'astronome royal.

2. Dès la séparation des différentes expéditions, chaque observateur doit rendre compte à son chef local, lequel est responsable envers l'astronome royal. Les districts

d'observation et les observateurs seront répartis ainsi qu'il suit. Le nom qui vient en premier lieu après celui du chef local est celui de son substitut, qui le remplacera en cas de nécessité.

3. *District A. Égypte.*

Chef : M. le capitaine C. O. BROWNE, de l'artillerie, astronome.

Observateurs { M. le capitaine W. de W. ABNEY, du
génie, astronome et photographe.
M. S. HUNTER, astronome.

4. *District B. Iles Sandwich.*

Chef général : M. le capitaine G. L. TUPMAN.

Substitut, s'il est nécessaire : M. le professeur G. FORBES.

Sous-divisions des îles Sandwich.

Honolulu : M. le capitaine TUPMAN, astronome, chef.

Observateurs : M. J. W. NICHOL, astronome et photographe, et M. F. E. RAMSDEN, lieutenant de la marine royale, astronome et photographe.

Owhyhee : M. le professeur G. Forbes, astronome et chef; observateur : M. H. G. BARNACLE, astronome.

Atoui : M. R. JOHNSON, astronome et chef; observateur : M. E. J. W. NOBLE, lieutenant d'artillerie de la marine, astronome.

5. *District C. Ile Rodriguez.*

M. C. B. NEATE, lieutenant de la marine royale, chef; observateurs : M. C. E. BURTON et M. R. HOGGAN, lieutenant de la marine royale, astronomes et photographes.

6. *District D. Christchurch (Nouvelle-Zélande).*

M. H. PALMER, commandant du génie, chef; observateurs : M. L. DARWIN, lieutenant du génie, astronome et photographe, et M. H. CRAWFORD, lieutenant de la marine royale, astronome.

7. *District E. Ile Kerguelen.*

Chef général : le P. S. J. PERRY. *Substitut*, s'il est nécessaire : M. C. CORBET, lieutenant de la marine royale.

Sous-divisions de l'île Kerguelen.

Port Christmas (Noël) ; chef : le P. S. J. PERRY, astronome et photographe; observateurs : le P. W. SIDGREAVES, astronome; M. S. GOODRIDGE, lieutenant de la marine royale, astronome, et M. J. B. SMITH, astronome et photographe.

Port Palliser, chef : M. C. CORBET, lieutenant de marine; observateur : M. G. E. COKE, lieutenant de la marine royale.

8. En outre, il y aura trois sous-officiers ou soldats, tous du corps du génie, attachés à chacun des cinq districts : ils seront sous la direction du chef de chaque district.

II.

DROIT RÉSERVÉ AU GOUVERNEMENT, DE TOUS LES PAPIERS,
ET ENVOI DES COPIES EN ANGLETERRE.

1. Tous livres, papiers et journaux, en tant qu'ils ont rapport à l'expédition officielle, et toutes notes d'observations ou de calculs, quel que soit leur état, appartiennent au Gouvernement anglais : ils seront remis au chef local et par lui au chef de toute l'entreprise, s'il est présent, pour être déposés à l'Observatoire royal. Ils devront être remis à la première réquisition de l'un de ces chefs et, au plus tard, le jour du retour en Angleterre.

2. En règle générale, tous les calculs et toutes les observations seront inscrits en double, pour être envoyés en Angleterre par des voies différentes.

3. Chaque chef local écrira à l'astronome royal, par toute occasion, et indiquera combien on aura fait jusqu'alors d'observations de chaque genre. Il donnera des états numériques de chaque genre d'observations.

4. Le Gouvernement se réserve le droit de publier tous les papiers qui ont trait aux buts, à la conduite et aux résultats de l'entreprise.

III.

COMPTES DE CABANES, D'INSTRUMENTS ET DE PROVISIONS.³
PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'EMBARQUEMENT ET AU DÉBARQUEMENT,
ET EMPLOI FINAL DE CHAQUE OBJET.

1. Pour chaque district d'observation, on fera, dans le

plus grand détail, des catalogues de tous les objets mobiliers, grands ou petits. On abrégera les descriptions, quand cela sera possible, mais on y conservera assez de détails pour contrôler des pertes. Par exemple : « Lunette méridienne de Barclay, de ... pouces, 2 niveaux, étui de fils, lampe, pied avec ses Y mobiles, 7 bouteilles de nitrate d'argent. » Pour les cabanes où les pièces détachées portent un numéro de suite, les numéros, par exemple 1 à 23, suffiront. Le but de ces prescriptions est de donner le moyen de reconnaître immédiatement ce qui aura été perdu.

2. Il sera fait trois copies de ces catalogues : l'une sera déposée à l'observatoire royal ; une autre sera gardée par le chef général ; la troisième restera entre les mains du chef local.

3. Le chef local sera tenu de passer en revue, de temps en temps, les bâtiments, les instruments et les approvisionnements. A chaque revue, il en notera le résultat, ainsi que l'état des objets inspectés.

4. On dressera, également en triple expédition, une autre suite de catalogues, bien moins étendus, des marques extérieures, dimensions, etc., des caisses, etc., telles qu'elles seront mises sur des voitures ou à bord des navires. Chaque page aura de larges colonnes verticales, une pour chaque embarquement, chaque débarquement ou transfert. On indiquera, en tête, les noms des lieux, des navires, voitures, etc., et les dates. Ces transferts seront contrôlés et attestés par l'un des observateurs, nommé par le chef. Chaque caisse, etc., aura son étiquette.

5. Afin de bien diriger l'embarquement, tous les observateurs devront être présents au port d'embarquement trois jours francs avant la partance du navire ; le chef, M. Tupman, ou, en son absence, le chef local, pourra augmenter cette limite de trois jours.

6. En quittant le lieu des observations, après les avoir terminées, on pourra abandonner les dalles, etc., d'un poids trop considérable pour valoir les frais de transport. Mais, comme les cabanes seront probablement utiles pour le passage de 1882, etc., il vaudra mieux peut-être les rapporter, en totalité ou en plus grande partie. Toutes les pièces métalliques, tous les instruments et tous les approvisionnements, etc., seront rapportés, sans la moindre omission.

IV.

PREMIÈRES DÉMARCHES EN ARRIVANT AU DISTRICT D'OBSERVATION.

1. Dès l'arrivée au point désigné pour l'observation et pendant le débarquement des caisses, etc., le premier soin du chef sera sans doute, si le pays est civilisé, de nouer des relations avec les personnes notables de la localité, puis de choisir un lieu d'observation. Outre les considérations évidentes pour le choix d'un site qui favorise les observations et la facilité des communications avec le navire, la ville, ou autre base d'opérations, il paraît nécessaire de s'assurer, en pays habité, un local clos, entouré d'un bon mur et toujours bien gardé.

2. Pour la lunette méridienne, il sera commode de

choisir un lieu où la direction du méridien soit dégagée au nord ou au sud, par exemple jusqu'à un mille (1,609 mètres), si l'on peut y établir une mire. C'est le moyen le plus convenable pour corriger la collimation, et, si la mire est stable, elle aide à trouver l'azimut. (On peut se rappeler qu'à la distance de 1 mille, 1" d'arc = 0.3 pouce.)

3. Pour le théodolite, en C, D et E où l'on s'en servira, il est à désirer qu'on ait une mire éloignée en vue. Un signal naturel doit être préféré, s'il est possible, car il est de la plus grande importance que ce signal soit permanent.

4. Quand on aura choisi les positions des divers instruments (dont les situations relatives ont été suffisamment déterminées par les expériences faites à Greenwich), on devra se hâter de placer la fondation du bloc de la lunette méridienne et du trépied de la pendule. Il est inutile de parler des constructions successives pour les autres instruments et leurs cabanes : on y pourvoira dès qu'on pourra les ériger, mais il est indispensable de s'occuper, en premier lieu, de la lunette méridienne.

5. Le lieu d'observation devra être assez bien défini pour qu'on puisse le retrouver plus tard, à une époque quelconque. Avant d'avoir vu les lieux, il est impossible d'indiquer quelle sera la meilleure méthode à employer pour en fixer la position approximative. On peut faire usage d'intersections de lignes passant par des objets bien déterminées, de relèvements de points évidents, de mesures prises par rapports à des rochers faciles à distinguer, etc. Si les relèvements se font à la boussole, il faudra les rapporter au méridien astronomique. Pour fixer la position

exacte, on devra enfoncer en terre un pieu de bois dur ou une barre, de façon que cette marque verticale soit recouverte d'un pied de terre.

V.

OBSERVATIONS A LA LUNETTE MÉRIDIENNE.

1. On connaît la méthode à employer pour déterminer l'inégalité des pivots et l'erreur de niveau. On appliquera le niveau au moins deux fois par jour, que l'on observe ou non. Si tous les niveaux étaient brisés, on aurait toujours le moyen de déterminer l'erreur de niveau en combinant des observations de passages d'étoiles vues directement et dans le mercure, et en observant le nadir avec l'oculaire de Bohnenberger.

2. Chaque jour où cela sera possible, il sera fait des observations de six ou huit étoiles pour le temps, et de deux pour l'erreur azimutale. Le lendemain matin, au plus tard, on réduira complètement les observations, et l'on en déduira l'erreur de la pendule, ainsi que sa marche.

3. On observera tout passage visible de la lune au méridien, quelque gêne qu'on en éprouve, et aussi souvent les passages après minuit que ceux qui auront lieu avant minuit. En trois mois, on devra sans doute obtenir au moins quinze passages du premier bord et quinze passages du second bord.

4. Si la lunette méridienne avait été mise hors d'état,

on pourrait faire usage du théodolite pour observer des apozéniths d'étoiles à l'est et à l'ouest, afin d'avoir le temps.

5. Tous les chronomètres et toutes les pendules seront comparés chaque jour avec la pendule des passages méridiens.

6. Le chef local devra, sous sa responsabilité, s'assurer que toutes les observations sont enregistrées et calculées dans un ordre parfait, de façon à pouvoir être mises à profit facilement, dans tous leurs détails, même par un étranger.

VI.

OBSERVATIONS AVEC L'ALTAZIMUT (THÉODOLITE).

1. On devra commencer très-promptement des mesures d'apozéniths d'étoiles près du méridien, afin d'avoir la latitude. Les observateurs sont généralement accoutumés à cette opération. On devrait faire un nombre à peu près égal d'observations au nord et au sud du zénith, et à des apozéniths peu différents. On devra observer le thermomètre et le baromètre ou l'anéroïde (1).

2. Les observations devront être réduites immédiatement et enregistrées avec ordre, de façon qu'une personne étrangère à l'observation puisse se reconnaître aisément dans tous les détails.

(1) Si le baromètre vient à être brisé, on pourrait employer l'hypsomètre pour contrôler l'anéroïde. (*Note du traducteur.*)

3. La précision dans la latitude est indispensable : elle est nécessaire pour calculer les apozéniths de la lune. On devra effectuer vingt déterminations de la latitude, ou davantage, si le chef le juge à propos.

4. Les altazimuths (théodolites) désignés pour les stations du nord sont propres à observer des apozéniths seulement. On s'en servira pour déterminer l'apozénith du limbe lunaire, surtout quand la ligne allant d'une corne à l'autre du croissant sera au plus près de l'horizontale. On lira le baromètre et le thermomètre. Les altazimuths destinés aux stations du Sud serviront à observer des apozéniths et des azimuts. On s'en servira pour mesurer, soit l'apozénith, soit l'azimut du bord lunaire : l'apozénith, quand la ligne des cornes est plutôt horizontale ; l'azimut, quand cette ligne est plutôt verticale.

5. Il est nécessaire qu'une observation de l'azimut de la lune soit accompagnée de l'observation d'une étoile en azimut. Il est également très-désirable qu'une mire fixe et éloignée (et non un collimateur dont on pourrait changer la place) soit observée en azimut tous les jours. La combinaison des observations de la mire et de l'étoile donnera un bon zéro en azimut.

6. On pourra trouver, par l'observation d'un collimateur ou d'une mire éloignée, le zéro d'apozénith qu'on appliquera aux étoiles et à la lune. Mais il est à désirer qu'on observe aussi l'apozénith d'une étoile près de la lune.

7. On devra faire, chaque belle nuit, au moins six observations de la lune, et, s'il est possible, autant de la vieille

que de la nouvelle lune. Il est aussi à désirer que les observations soient distribuées également à l'est et à l'ouest du méridien. On peut espérer que, en trois mois, on obtiendra au moins cinquante observations de la jeune et cinquante de la vieille lune.

8. Les observations seront enregistrées immédiatement, avec le plus grand soin, et on les réduira dès qu'on le pourra, toujours avec le plus grand ordre.

VII.

ÉQUATORIAL ET LUNETTES.

1. La position de l'équatorial sera déterminée avec autant de précision qu'il sera possible, mais cet instrument ne comporte ni n'exige la même exactitude que les autres instruments. Néanmoins il faudra le soumettre à des essais fréquents, pour vérifier :

Si tous les mouvements lents sont bons ;

Si le mouvement d'horlogerie est bon et bien réglé pour suivre le mouvement du soleil ;

Si l'objectif, les oculaires et le miroir du soleil (*sun-reflector*) sont en bon état.

Si les sièges, etc., sont bien disposés, afin que le corps et l'œil de l'observateur soient dans une position commode, surtout pour le passage de Vénus.

2. Les lunettes détachées n'exigent que des observations préliminaires, pour rendre l'observateur très-familier avec le maniement de l'instrument pendant le passage et avec

la notation du temps. Il est très-important que l'observateur puisse prendre une position commode.

VIII.

PASSAGES ARTIFICIELS.

1. Les observateurs ont à peine besoin d'instructions sur l'usage du modèle de ce passage. Ils auront soin toutefois :

2. De se familiariser avec les circonstances de l'approche et de la séparation des bords, pour diverses conditions d'éclairage. Sous la direction du chef, ils étudieront les divers phénomènes (comme la première apparition de l'obscurité (*haze*) ou de la goutte noire, du lieu mieux défini et du contact circulaire à l'entrée, et les mêmes circonstances, en ordre inverse, à la sortie). Ils se familiariseront avec l'intervalle de temps, en secondes, entre chacune de ces manifestations ;

3. D'apprécier exactement la différence de temps absolu fournie par chacune des diverses lunettes ;

4. De juger avec précision l'apparence de Vénus soixante secondes avant et après le contact des limbes, et trente secondes avant et après ce contact ;

5. De s'exercer à l'usage du micromètre à double image et d'apprécier exactement à quel intervalle de temps l'usage de ce micromètre pourra être remplacé *avec sécurité et certitude* par celui d'un oculaire ;

6. De déterminer si un phénomène (comme le contact interne) peut être convenablement observé en fixant son attention sur l'une des images du micromètre à double image, l'autre image étant retirée (*moved away*), ou s'il peut être convenablement observé avec le micromètre à double image dans sa position de coïncidence. (Il est probable que, pour ce but spécial, il vaudrait mieux que la direction de séparation du micromètre fût perpendiculaire au limbe.)

7. A la station triple des îles Sandwich et à la double station de Kerguelen, le chef décidera si les observateurs astronomes ne pourraient pas prendre les places les uns des autres, afin de donner à tous la facilité de faire usage du même appareil à passages artificiels. On pourrait probablement procéder ainsi, lors des opérations qui serviront à établir les différences de longitude.

IX.

PHOTOHÉLIOGRAPHE.

1. On s'exercera au maniement de cet appareil, tant pour bien mettre au foyer, que pour obtenir des images du Soleil et pour bien observer le temps.

2. Il faut aussi s'exercer avec l'appareil Janssen, pour mettre exactement au foyer et pour obtenir une partie déterminée du limbe, pour répéter ces essais à des battements à peu près exacts de la seconde et pour s'interrompre à chaque dix ou cinq secondes.

3. Il est désirable que la pratique de chaque jour fournisse au moins *une* épreuve sur papier.

4. La manière d'enregistrer toutes les circonstances instrumentales, les temps, etc., sera indiquée par le chef de station, dans la forme qui sera suivie lors du passage réel de Vénus. On s'y conformera dans les expériences préparatoires de chaque jour.

X.

OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS.

1. Il faudra un nombre considérable de personnes pour faire l'observation. Il doit y avoir au moins deux personnes à chaque équatorial et à chaque lunette, et quatre personnes au moins au photohéliographe. On devra avoir des aides pour tourner les dômes, etc., et des messagers toujours prêts, ainsi que plusieurs personnes pour éloigner les importuns. Le chef devra pourvoir à toutes ces exigences et dresser d'avance tous ses aides à bien remplir leur mission. Si le navire anglais est dans le voisinage, les officiers et l'équipage s'entremettront sans doute de leur mieux. Faute de ces auxiliaires, il faudra se faire aider par d'autres moyens, ce qui dépendra beaucoup du jugement du chef local.

2. Quelque peu favorable que soit le temps, il faudra tout préparer exactement comme si le temps était parfaitement beau.

3. On placera des sentinelles pour écarter les étrangers,

et cela, deux heures au moins avant le phénomène critique. On ne laissera pénétrer aucun étranger.

4. A l'équatorial et à chaque lunette détachée, l'observateur principal aura son œil à la lunette : il est important que son corps et sa tête soient dans des positions commodes, qu'il n'éprouve aucune gêne, et que ses deux mains soient libres. Il faudra s'exercer d'avance à toutes les dispositions prises dans ce but. On devra avoir à portée une petite table, ou une planchette, sur laquelle on puisse placer les oculaires et les verres obscurs. Le grossissement à employer devra être, s'il est possible, de 100 à 150.

5. Un aide devra être placé devant une pendule ou un chronomètre qu'il puisse lire avec la plus parfaite aisance, rapidement et avec une certitude extrême. Il est à désirer qu'il s'assure de la bonne coïncidence des aiguilles de minutes et de secondes, quant à leurs indications. Il devra avoir un registre dans une position commode et une plume ou un crayon dont la pointe aura été vérifiée, comme propre à tracer des caractères parfaitement nets, de manière qu'il puisse enregistrer instantanément une lecture du temps ou du micromètre.

6. Le chronomètre employé devra être comparé à la pendule de la lunette méridienne, deux fois ou plus souvent, une heure avant le phénomène critique, comme aussi deux fois ou plus, après ce phénomène.

7. Quand on commencera les observations du micromètre, ou, en tout cas, quatre minutes, au moins, avant le moment critique (intervalle qui pourra être suffisamment estimé par

l'observateur habitué aux passages artificiels), le chef donnera l'ordre : *Silence*, et alors personne ne dira plus un mot, excepté pour les signaux du temps, jusqu'à ce que le chef en donne la permission.

8. On ne saurait trop faire sentir aux observateurs que l'observation critique et importante est la constatation, faite par l'œil, des temps et des circonstances des phénomènes qui accompagnent le contact interne, tant à l'entrée qu'à la sortie. On espère bien que, à cette observation, pourront être jointes des observations micrométriques, dont on pourra faire un usage précieux : néanmoins, ces dernières devront être gouvernées de telle sorte qu'elles ne puissent mettre en danger, d'aucune façon, l'observation directe des contacts.

9. Une heure avant l'observation, le chef doit vérifier avec soin la facilité avec laquelle on peut détacher le micromètre, insérer un oculaire ordinaire avec son verre obscur, le mettre au foyer, etc. Il devra noter le nombre de secondes de temps employées à effectuer ces changements. Il accordera, par exemple, vingt secondes de plus, et il décidera ainsi du moment, avant le contact, où le changement devra être opéré. Ce pourrait être 30 secondes avant le contact. S'il a le moindre doute sur cette opération, il doit abandonner l'usage du micromètre, avant que le contact interne soit effectué.

10. Mais, s'il se présente une difficulté imprévue à retirer le micromètre, le chef doit déterminer le moment où il conviendra de faire l'observation (du contact) avec l'oculaire du micromètre : il devra aussi décider s'il doit res-

treindre son attention à l'une des deux images, en mettant l'autre un peu de côté, ou s'il vaut mieux mettre le micromètre dans la position de coïncidence pour observer l'image composée. On peut s'attendre à atténuer dans la plus grande mesure les défauts de l'instrument, quand on aura tourné le micromètre de manière que sa ligne de séparation soit normale au limbe du Soleil. Comme on l'a dit au chapitre VIII, 6, il est à désirer qu'on s'y exerce préalablement, au moyen des passages artificiels.

11. On enregistra les observations de la manière suivante :

Pour une observation du micromètre, l'observateur dira *halte*, ou donnera tout autre signal subit et court, pour faire noter le temps : l'aide placé devant le garde-temps écrira l'instant qu'il aura noté ; puis, l'observateur énoncera la lecture du micromètre, qui sera inscrite par l'aide.

Pour l'observation du contact interne, où deux ou trois phénomènes pourraient se présenter à des intervalles de temps trop courts pour qu'on puisse les consigner tout au long par écrit, l'observateur se bornera à donner son signal pour faire enregistrer le temps ; au phénomène suivant, il se bornera à donner le signal convenu, dont le temps sera encore enregistré, en laissant dans le registre une lacune de plusieurs lignes, et ainsi de suite, autant qu'il sera nécessaire. Quand le moment de hâte causé par la succession des phénomènes aura cessé, l'observateur devra (au plus tôt) indiquer de mémoire les détails du phénomène observé, lors de chaque instant déjà noté, et l'aide devra alors les intercaler dans leurs lieux respectifs.

12. Les diverses écritures devront être faites à l'encre, très-complètement, et en triple expédition, aussitôt qu'il sera possible, sans détruire ni retoucher les notes originales, lesquelles seront conservées avec soin. Les relations des temps et des mesures seront considérées par le chef, qui examinera peut-être la position du micromètre ou tout autre instrument, pendant que tous les souvenirs sont encore vifs et récents (1). Puis on comparera les pendules et les chronomètres. C'est alors seulement qu'on pourra se relâcher dans la sévérité de quelques-unes des prescriptions précédentes.

XI.

DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES DU PASSAGE DE VÉNUS.

1. Deux heures avant qu'aucune partie du passage devienne visible (soit qu'il commence au lever du Soleil, dans les stations où la sortie est seule visible, ou à partir de l'entrée de la planète, dans les stations où l'entrée est visible), on devra comparer le chronomètre avec la pendule de la lunette méridienne; on vérifiera, d'une manière générale, l'ajustement du photohéliographe : en particulier, si la coulisse fonctionne aisément et si l'on a monté la pendule qui imprime le mouvement. On devra assigner le lieu où l'on déposera les plaques à employer, la position de l'aide qui les insérera, ainsi que le lieu où l'on déposera les plaques

(1) Noter comme *souvenirs* les explications ajoutées une heure ou plus après le phénomène, et énoncer, à une demi-heure près, le moment où l'on aura songé à faire ces additions. (*Note du traducteur.*)

retirées de l'instrument, et la position de l'aide qui en sera chargé. Enfin on rendra libres les volets du toit.

2. Il est important que des images complètes du Soleil soient prises pendant la durée entière du passage, et que, pour chacune de ces images, le temps soit noté avec la plus grande exactitude. Un observateur devra s'asseoir devant le chronomètre, avec son cahier et sa plume ou son crayon, dans une position commode, et il sera préparé à noter avec calme le temps, quand le photographe donnera le signal de *halte*. Il n'y a aucune nécessité à multiplier rapidement les épreuves. On pourra, en toute sûreté, adopter des intervalles de deux minutes environ. A diverses fois, selon la commodité du photographe, l'opération pourra être suspendue, pendant six minutes par exemple. On donnera ainsi du repos à ceux qui opèrent, et on facilitera l'identification de chaque épreuve avec les temps qui auront été notés au chronomètre et qui appartiennent à cette épreuve.

3. Chaque plaque photographique sera numérotée au diamant (avant le jour du passage), et, pour la commodité du photographe, on pourra répéter ce numéro sur un papier attaché à la plaque. En insérant cette plaque dans l'appareil, le photographe énoncera ce numéro : le secrétaire devra l'inscrire avant de noter le temps du chronomètre.

4. Mais, dans le voisinage de l'entrée et de la sortie, toutes les opérations devront céder le pas à celles de l'appareil Janssen.

5. A la première apparence de Vénus à l'entrée, ou bien lors de sa sortie, quand la distance de Vénus au bord du

Soleil sera égale à tout le diamètre de cette planète, on aura largement le temps de mettre en place l'appareil Janssen, de distribuer à chacun son rôle et de s'assurer du succès des images de Vénus, car pendant les jours précédents on aura fait les expériences préliminaires convenables. Un aide sera mis en observation au chronomètre : il sera chargé d'inscrire les minutes, seulement quand on commencera une série d'observations, et de prononcer vivement les chiffres des secondes. Un aide sera placé de manière à tenir en main commodément la manivelle de l'appareil Janssen : on devra être certain qu'il pourra la tourner avec douceur, sans se fatiguer, et que, après les deux premiers tours au plus, il pourra le faire exactement à la seconde qu'il entend prononcer. En outre, un aide aura dans la main un écran qu'il pourra tenir devant l'objectif à chaque 5^s, 10^s, 15^s, etc.; il le tiendra en premier lieu, entre 0^s et 5^s ou entre 10^s et 15^s, etc., selon le cas.

6. A l'approche du moment critique, l'observateur, contemplant avec calme le phénomène à travers le verre pourpre, et étant accoutumé, par la pratique des passages artificiels, à l'apparence de Vénus quand elle est à 30 secondes du contact des limbes, donnera l'ordre de tourner la manivelle dès qu'il jugera que cette proximité est atteinte. En ce moment, la corde des cornes pour l'entrée est égale au quart du diamètre de la planète, ou bien l'intervalle pour la sortie est égal au $\frac{1}{56}$ du diamètre de la planète. Plutôt que d'effectuer le mouvement trop tôt, il vaudra mieux qu'il commence une seconde ou deux trop tard. Le mouvement devra continuer pendant 49 secondes, et alors on regardera à travers le verre pourpre.

7. Si l'observateur remarque que le moment critique n'est pas encore arrivé, on devra monter promptement une autre plaque, placée toute prête dans ce but, et l'on répétera la rotation, ainsi que le comptage des secondes à haute voix.

8. Quand le moment critique sera passé, on démontera l'appareil Janssen, on mettra la plaque de côté, pour la développer, et, s'il s'agit de l'entrée, on commencera les photographies du Soleil.

9. Dès qu'il sera possible, on tirera trois épreuves de chaque photographie. Ensuite, on emballera avec le plus grand soin les plaques de verre, et on les gardera avec les précautions les plus minutieuses.

XII.

DÉTERMINATION DE LA DIFFÉRENCE DES LONGITUDES ET AUTRES REMARQUES SPÉCIALES A CHAQUE STATION.

1. Le chef du district A qui sera en Égypte est chargé spécialement des arrangements télégraphiques dont peuvent dépendre et le choix des stations et la différence des longitudes. S'il croit qu'on peut déterminer, d'une manière satisfaisante, par une communication télégraphique directe, la différence de longitude entre Alexandrie et Cornwall, il sera probablement préférable d'adopter Alexandrie comme station secondaire, et d'y établir une lunette méridienne. On pourra alors communiquer, de là, avec Cornwall et aussi avec le Caire, ou avec tout autre lieu à portée du télégraphe, pourvu qu'il paraisse préférable comme station principale. Si l'on ne peut établir une communication

directe entre Alexandrie et Cornwall, les difficultés et le peu de sécurité qui proviendraient des stations intermédiaires seraient tels, qu'il vaudrait mieux renoncer au télégraphe et déterminer au moyen du théodolite la longitude fondamentale au Caire ou ailleurs. S'il apprend que d'autres personnes sont occupées à observer le passage à Suez, à Thèbes ou en d'autres lieux voisins, il fera tout ce qui dépendra de lui pour déterminer leur différence de longitude.

2. Le chef du district B (îles Sandwich) aura son quartier général à Honolulu, et y déterminera sa longitude fondamentale au moyen du théodolite. Il fera circuler des chronomètres entre ce lieu et Owhyee, comme aussi entre Honolulu et Atoui. (On établira des lunettes méridiennes dans ces trois lieux.) A cet effet, il profitera des bâtiments anglais et des vapeurs locaux, selon ce qui paraîtra préférable, et il répétera ces transports de montres aussi souvent que le temps le lui permettra. Si d'autres observateurs sont établis dans cette chaîne d'îles, il devra aider à déterminer leur différence de longitude. Il est bien à désirer, pour d'autres besoins aussi bien que pour ceux du passage de Vénus, que ces longitudes soient déterminées avec exactitude. La présente expédition ne pourra probablement pas se mettre en communication chronométrique avec San Francisco; mais, s'il s'y établit un observateur muni d'une lunette méridienne, le chef devra s'efforcer d'établir la connexion avec lui.

3. Le chef du district C (I. Rodriguez) devra user de

tous les moyens en son pouvoir, soit par le service du navire britannique, soit peut-être par l'aide du yacht de lord Lindsay, pour établir une communication chronométrique, qu'on répétera aussi souvent qu'il sera possible, entre les pendules des lunettes méridiennes de Rodriguez, de l'île de France où ce lord fera probablement des observations, et de l'île Bourbon où le gouvernement hollandais se propose d'envoyer une société d'observateurs. Ce travail ne sera pas effectué sans difficulté, car il paraît que l'ancrage du port Mathurin est à plus d'un mille du rivage. De plus, le débarquement est très-incommode et se fait dans l'eau; enfin, on est exposé à des ouragans. Il sera à peine possible de communiquer efficacement avec Aden, qui est la station télégraphique la plus voisine, mais très-lointaine. On ne pourra utiliser Aden que dans un seul voyage, si l'expédition prend cette route à son retour. Avant l'arrivée à Rodriguez, il semble difficile de décider quelle est la meilleure position pour réunir à la fois les avantages des communications avec le navire, celles de l'intérieur de l'île et les exigences astronomiques. Dans toutes les stations, il faudra se préoccuper des ouragans; on devra préparer et tenir toujours toutes les constructions en bon état de protection.

4. Dans le district D (Nouvelle-Zélande) il sera très-important que la station de Christchurch soit en communication télégraphique avec la ligne du télégraphe qui traverse l'île. Cette station communiquera avec Port Bluff, station américaine importante, et peut-être aussi avec les stations de quelques observateurs résidant dans le pays; et enfin avec Wellington, où les longitudes des observa-

toires de Wellington et de Hutt, qui semblent être distincts, ont été établies assez bien par des passages méridiens de la Lune et par d'autres méthodes.

Si des observateurs s'établissent sur les îles Chatham ou Auckland, on devra tâcher de déterminer leur différence de longitude.

Il ne semble pas probable qu'on puisse, dans le cours de cette expédition, établir aucune communication efficace avec l'Australie.

5. Dans le district E (île de Kerguelen), on invite le chef à se rappeler qu'il doit donner les plus grands soins à la détermination de la longitude absolue. Elle deviendra probablement fondamentale pour ces mers. Il ne semble pas y avoir de raisons suffisantes pour supposer que le port Christmas ni d'autres localités soient toujours exposés aux vents violents rappelés par sir James Ross.

Deux points exigent l'attention spéciale du surintendant de la seconde station soumise à la direction générale du chef du district E :

1° Le choix du port Palliser ne doit pas être considéré comme définitif. Cook semble l'avoir approuvé, mais le capitaine Rodgers ne le désigne pas spécialement comme le meilleur de cette région ;

2° Il faudra donner beaucoup de soins à la jonction chronométrique du port Christmas, non-seulement avec la seconde station au port Palliser ou ailleurs, mais aussi avec les stations choisies sur divers points de l'île Kerguelen et dans l'île Heard par les expéditions américaine, allemande et autres.

6. Lorsqu'on établira des connexions de longitude au moyen de chronomètres apportés par mer, ceux-ci ne devront pas être retirés du navire jusqu'à ce que l'entreprise chronométrique soit entièrement achevée. La comparaison avec les chronomètres des lunettes méridiennes devra être faite en transportant deux ou trois chronomètres (appartenant à la station terrestre, s'il est possible), entre le navire et la chambre où l'on observe les passages méridiens.

7. Quand on établira des liaisons en longitude par télégraphe, une pendule ou un chronomètre devra stationner dans la salle du télégraphe et être comparé avec le garde-temps de la lunette méridienne, avant et après les signaux télégraphiques. On se servira, à cet effet, de chronomètres mobiles.

XIII.

RAPPORTS DES CHEFS DE STATIONS AVEC LES AUTORITÉS.

1. Le chef du district A (Égypte) devra se mettre en relation, à Alexandrie, avec le consul général; au Caire, avec le consul, le ministre britannique et les ministres du khédivé; et, à Thèbes, avec l'agent consulaire, si l'on se sert de ce lieu comme station.

2. Le chef du district B (îles Sandwich) se mettra en relation : à Valparaiso, avec le consul J. de V. D. Hay; à Honolulu, avec le consul général, Major J. Hay Wodehouse.

3. Le chef du district C (Rodriguez) se mettra en relation : au Cap, avec le gouverneur et l'astronome royal; à l'île de France, avec le gouverneur l'honorable sir Ar-

thur Hamilton Gordon; à Rodriguez, avec le magistrat de la police.

4. Le chef du district D (Nouvelle-Zélande) se mettra en relation : à Wellington, avec le gouverneur; à Christchurch, avec le surintendant de la province.

5. Le chef du district E (Kerguelen) se mettra en relation : au Cap, avec le gouverneur et avec l'astronome royal E. J. Stone.

Observatoire royal de Greenwich.

4 mai 1874.

G. B. AIRY.

NOTE

SUR LA MANIÈRE DE DÉTERMINER

L'ORIENTATION DU CHASSIS PORTE-PLAQUES

DE L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE

DESTINÉ A L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS

PAR M. PH. HATT.

Parmi les calculs que j'ai été conduit à faire pour prédire les circonstances principales du passage de Vénus à Campbell, se trouve celui de l'inclinaison à donner au châssis porte-plaques (*voir ci-dessus le Programme, p. 2*) adapté à la lunette photographique. Cette inclinaison variera constamment pendant la durée du passage, car on se propose de ne photographier qu'une bande assez mince du Soleil, limitée par une ouverture rectangulaire qui restera parallèle au petit côté du châssis. Cette bande doit être, en même temps, parallèle à la ligne des centres de Vénus et du Soleil; il faudra donc orienter le grand côté de l'ouverture qui la limite, suivant la direction de l'image qui se produira au foyer de la lunette; et il paraît indis-

pensable de calculer à l'avance, pour chaque station, les inclinaisons diverses que prendra l'appareil, afin de laisser à l'opérateur toute sa liberté d'esprit pendant la durée du passage.

Il sera bon, même, de déterminer, dès à présent, les limites extrêmes de ces inclinaisons dans les différentes stations, en vue des dispositions à prendre pour le jeu de l'obturateur instantané.

Voici quelle a été la marche suivie pour arriver à déterminer cette orientation.

On a calculé d'abord l'angle que fait la ligne des centres des deux astres avec le vertical du Soleil. Soit (fig. 1) P le pôle élevé de la sphère céleste, ce sera le pôle sud dans le cas de la figure, Z le zénith de l'observateur qui est en O, et S la position du Soleil.

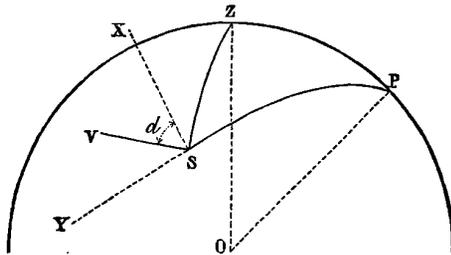


Fig. 1.

ZS est le vertical du Soleil et PS son méridien. La tangente SY, menée au méridien et dirigée vers le nord, et la perpendiculaire à cette tangente SX dirigée dans le plan tangent vers l'est, sont les axes de coordonnées auxquels on a rapporté la position de Vénus par rapport au centre du Soleil.

L'angle de position d , calculé, est l'angle XSV.

On aura donc $ZSV = d + ZSX = d + 90^\circ - B$ en appelant B l'angle ZSP.

Dans le triangle ZSP, on connaît $ZP = \lambda$, complément de la latitude du lieu, $PS = \delta$ distance polaire du Soleil et $ZPS =$ angle AI horaire du Soleil. Désignons par A l'angle SZP ou azimuth du Soleil.

On a par les deux premières analogies de Néper :

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2}(\delta-\lambda)}{\cos \frac{1}{2}(\delta+\lambda)} \cot \frac{1}{2} AI,$$

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta-\lambda)}{\sin \frac{1}{2}(\delta+\lambda)} \cot \frac{1}{2} AI.$$

Ces deux formules donneront A et B et par suite $d + 90 - B$.

On déterminera ensuite la hauteur h du Soleil par l'une des formules :

$$\frac{\cos h}{\sin AI} = \frac{\sin \delta}{\sin A} = \frac{\sin \lambda}{\sin B}$$

ou par celle-ci :

$$\cos \frac{1}{2}(90 - h) = \frac{\cos \frac{1}{2}(\delta - \lambda)}{\sin \frac{1}{2}(A + B)} \cos \frac{1}{2} AI.$$

Les deux éléments azimuth et hauteur seront utiles à connaître pour la suite du calcul.

On cherche ensuite la direction de l'image renvoyée par le miroir au foyer de la lunette, et pour cela on se borne à chercher l'image du vertical du Soleil, limité à sa portion sensiblement rectiligne comprise dans l'intérieur du disque.

Prolongeons jusqu'à l'horizon PS' de l'observateur le vertical du Soleil (fig. 2) et supposons que l'axe de la

lunette prolongé vienne rencontrer la ligne d'horizon en S' . Menons le grand cercle SS' . Le rayon lumineux SO sera réfléchi par le miroir suivant la direction OS' de la lunette, le plan d'incidence sera donc celui du grand cercle SS' et la normale ON au miroir passera par le milieu N de l'arc SS' .

Soit Sa un élément très-petit du vertical du Soleil ; le rayon lumineux aO se réfléchira suivant Oa' de telle sorte que les angles aON et NOa' d'incidence et de réflexion soient égaux, et le plan d'incidence coupera la sphère céleste suivant un grand cercle aNa' . On a donc $aN = a'N$.

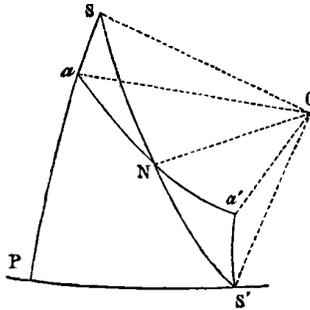


Fig. 2.

Les deux triangles aSN , $a'NS'$ sont égaux, ayant deux angles égaux opposés par le sommet en N et les côtés de l'angle égaux deux à deux.

Si donc nous appelons S et S' les deux angles aigus du triangle rectangle SPS' nous aurons :

$$PS'a' = S + S' > 90^\circ.$$

Il est bien facile de voir que l'image formée au foyer de la lunette sera orientée par rapport à l'horizontale, comme $S' a'$ l'est par rapport au cercle d'horizon ; il suffit pour

cela de se figurer en O le centre optique de l'objectif et en S' le foyer principal de la lunette.

L'image du vertical du Soleil projetée par le miroir fera donc avec la verticale du lieu un angle α égal à $S + S' - 90^\circ$ et la partie S, a' de cette image qui s'élève au-dessus de l'horizontale s'éloignera du Soleil.

Il est facile de calculer cet angle α qui n'est autre chose que l'excès sphérique du triangle SPS' rectangle en P. Dans ce triangle $SP = h$ est la hauteur du Soleil calculée précédemment ; S'P ou a est la différence entre l'azimuth calculé A du Soleil et l'azimuth constant de la lunette. D'après les formules des triangles rectangles on a :

$$\begin{aligned} \sin S &= \frac{\sin a}{\sin SS'} & \sin S' &= \frac{\sin h}{\sin SS'} \\ \text{tang } S &= \frac{\text{tang } a}{\sin h} & \text{tang } S' &= \frac{\text{tang } h}{\sin a} \end{aligned}$$

D'où par division :

$$\cos S = \frac{\cos a \sin h}{\sin SS'}, \quad \cos S' = \frac{\cos h \sin a}{\sin SS'}$$

Avec ces valeurs on forme : $\sin(S + S')$ et $\cos(S + S')$,

$$\sin(S + S') = \frac{(\cos a + \cos h)(1 - \cos a \cos h)}{\sin^2 SS'}$$

$$\cos(S + S') = -\frac{\sin a \sin h (1 - \cos a \cos h)}{\sin^2 SS'}$$

et par division on a

$$\text{tang}(S + S') = -\frac{\cos a + \cos h}{\sin a \sin h}$$

Mais puisque

$$\alpha = S + S' - 90, \quad \text{on a} \quad \text{tang } \alpha = -\cos(S + S'),$$

d'où

$$\text{tang } \alpha = \frac{\sin a \sin h}{\cos a + \cos h} = \frac{\sin a \sin h}{2 \cos \frac{1}{2}(a + h) \cos \frac{1}{2}(a - h)}$$

Déterminons maintenant l'orientation de l'image du Soleil formée au foyer de la lunette.

La figure (3) représente l'image directe du Soleil, telle que la verrait l'observateur regardant le miroir. SZ est le vertical du Soleil, l'axe SX fait avec SZ un angle $90 - B$ déjà

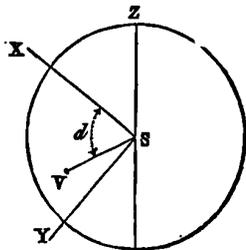


Fig. 3.

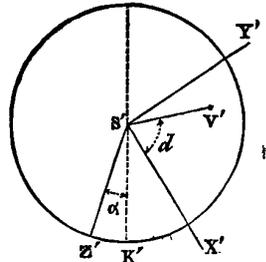


Fig. 4.

calculé, et l'angle de position d se compte à partir de SX dans le sens ZXY.

La figure (4) représente l'image formée au foyer de la lunette. Le vertical SZ se projette en S'Z' faisant avec la verticale du lieu S'K' un angle $K'S'Z' = \alpha$ et la disposition de la figure montre que le Soleil est à gauche de l'observateur. On aura donc $K'S'V' = d + 90 - B - \alpha$, et comme le petit côté de la boîte photographique doit être orienté parallèlement à S'V', on aura pour l'inclinaison du plus grand côté sur la verticale un angle $d - B - \alpha$. Le signe de l'angle déterminera le sens de l'inclinaison.

On est convenu de placer la lunette dans le vertical qu'occupera le Soleil au milieu du passage; l'opérateur d'une station australe aura donc le Soleil à sa gauche pendant la première moitié du passage et à sa droite pendant la dernière moitié. Dans les stations de l'hémisphère

boréal, le Soleil sera à droite de l'opérateur pendant la première moitié du passage et à sa gauche dans la deuxième moitié.

Dans le premier cas, l'angle α se comptera d'abord de droite à gauche en partant du nadir, sera nul au milieu, et puis se comptera de gauche à droite; ce sera l'inverse dans le deuxième cas, celui des stations du nord.

Voici les nombres obtenus pour la station de l'île Campbell en calculant de quart d'heure en quart d'heure l'inclinaison du grand côté du châssis.

TEMPS moyen du lieu.	HAUTEUR du Soleil.	ANGLE du châssis avec la verticale.
1 ^h 0 ^m	57°35'	— 3°25'
15	56 20	+ 0° 8'
30	54 54	4 5
45	53 20	8 1
2 ^h 0	51 36	12 8
15	49 46	16 26
30	47 49	20 53
45	45 47	25 28
3 ^h 0	43 42	30 7
15	41 33	34 50
30	39 26	39 27
45	37 8	44 7
4 ^h 0	34 53	51 30
15	32 38	56 39
30	30 20	61 33
45	27 51	66 9
5 ^h 0	25 47	70 18
15	23 31	74 12
30	21 15	77 46
45	19 1	81 24

On remarquera que l'inclinaison varie entre des limites dont la différence est à peu près 90°. Il est probable qu'en

changeant un peu l'orientation de la lunette les différences de ces limites ne varieraient pas beaucoup ; il serait donc possible de trouver une orientation telle que l'inclinaison eût toujours lieu dans le même sens, condition plus favorable à l'installation des appareils qui feront mouvoir l'obturateur instantané.



RÉSULTATS DES CALCULS

FAITS

POUR DÉTERMINER L'ORIENTATION DE LA LIGNE DES CENTRES

DE VÉNUS ET DU SOLEIL

DANS LES QUATRE STATIONS FRANÇAISES,

PAR M. PH. HATT.

A la suite de la présentation d'une Note concernant l'orientation des plaques photographiques destinées au passage de Vénus, M. le président de la commission m'a chargé d'exécuter pour toutes les stations françaises des calculs analogues à ceux que j'avais faits pour la station de Campbell. Je viens rendre compte des résultats obtenus, en les faisant précéder de quelques observations destinées à compléter la Note précédente.

Il était dit, à la fin de cette Note, que l'on ferait bien, pour faciliter le jeu de l'obturateur instantané, de choisir l'azimuth de la lunette, de telle sorte que l'inclinaison du grand côté de la boîte photographique fût toujours de même sens, c'est-à-dire ne passât pas par les valeurs 0° ou 180° pendant la durée de l'opération. Ce résultat sera

obtenu en choisissant pour l'azimuth de la lunette la moyenne des azimuths extrêmes du Soleil pendant le passage, au lieu de placer, comme je l'avais fait en premier lieu, la lunette dans le vertical qu'occupe le Soleil au milieu du passage. En opérant de même dans les trois autres stations, on satisfait également bien à cette condition.

En appelant S et S' les deux angles aigus du triangle rectangle formé par le vertical du Soleil d'une part, l'arc d'horizon compris entre ce vertical et celui de la lunette d'autre part, et l'hypoténuse, on avait adopté pour déterminer l'angle $(S + S')$ la formule :

$$\text{tang}(S+S') = -\frac{\cos a + \cos h}{\sin a \sin h},$$

d'où l'on déduit :

$$\text{tang } \alpha = -\cot(S+S') = \frac{\sin a \sin h}{2 \cos \frac{a+h}{2} \cos \frac{a-h}{2}}.$$

Cette formule qui exige le calcul de quatre logarithmes sera avantageusement remplacée par celle-ci que l'on obtient en appliquant aux triangles rectangles l'une des analogies de Néper et qui n'exige que la recherche de deux logarithmes :

$$\text{tang} \frac{S+S'}{2} = \text{tang} \left(45^\circ + \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{\cos \frac{a-h}{2}}{\cos \frac{a+h}{2}}.$$

Cette formule donne $45^\circ + \frac{\alpha}{2}$; en doublant et retranchant 90° , on obtiendra α .

Rappelons encore le sens des notations employées et établissons les formules qui conviennent aux stations de l'un et de l'autre hémisphère.

Ce que nous nous proposons de chercher, c'est l'angle que fait la ligne des centres de Vénus et du Soleil avec la verticale, dans l'image formée au foyer de la lunette photographique ; le petit côté de la plaque sera orienté parallèlement à cette direction. Appelons V cet angle, et convenons de le compter de 0° à 360° en partant du nadir et en allant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à rencontrer la ligne des centres ; l'observateur étant toujours censé regarder le miroir.

La position de Vénus par rapport au centre du Soleil est, comme l'on sait, rapportée à deux axes rectangulaires passant par ce centre dont l'un OY est parallèle au méridien de l'astre et dirigé vers le nord, et l'autre, perpendiculaire au méridien et dirigé vers l'est. De cette convention résultent d'ailleurs des orientations différentes par rapport au vertical du Soleil, suivant que l'on se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère, suivant aussi que l'on est avant ou après midi.

Considérons le triangle formé par le Soleil, le zénith et le pôle élevé.

Appelons A l'angle de ce triangle formé par le vertical du Soleil et la partie du plan méridien allant du zénith au pôle, et B l'angle opposé au côté zénith-pôle. Il est aisé de voir que, pour l'observateur regardant le miroir et se trouvant dans l'hémisphère boréal le matin, ou dans l'hémisphère austral le soir, l'angle B devra se compter de gauche à droite en partant du vertical du Soleil et allant vers la tangente au méridien. Cet angle devrait se compter de droite à gauche le soir dans l'hémisphère boréal et le matin dans l'hémisphère austral. Or, pour les stations du

Nord l'axe OY est dirigé vers le pôle élevé, et c'est, au contraire, son prolongement, qui est dirigé vers le pôle élevé dans les stations du Sud ; il sera donc bien facile de former une quelconque des figures 1, 2, 3, 4 qui représen-

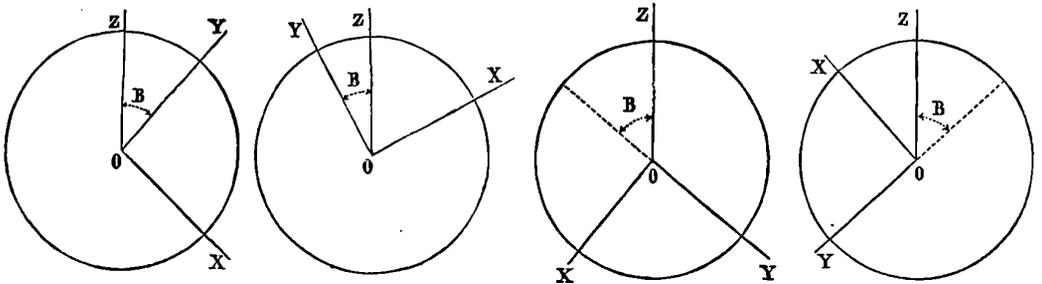


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

tent les apparences pour un observateur : de l'hémisphère boréal, (1) le matin, (2) le soir, et de l'hémisphère austral, (3) le matin, (4) le soir.

Il suffira, pour obtenir l'image photographique, de faire tourner la ligne OZ entraînant toute la figure, jusqu'à ce qu'elle fasse avec la direction du nadir un angle α qui pourra être compté de gauche à droite, ou de droite à gauche, suivant la position du Soleil par rapport à l'instrument. Admettant la première hypothèse, nous verrons facilement qu'en marchant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, l'angle de l'axe OX avec le nadir dans les stations du Nord sera :

- le matin. $270^\circ - B + \alpha$
- et le soir.. . . . $270^\circ + B + \alpha$

Dans les stations du Sud, cet angle sera :

- le matin. $90^\circ + B + \alpha$
- et le soir.. . . . $90^\circ - B + \alpha$

Si l'on ajoute à cet angle l'angle de position d_p de Vénus qui se compte à partir de OX et dans le même sens, on obtiendra l'angle V cherché, dont l'expression sera pour les stations du Nord :

$$V = 270^\circ + B + d_p + \alpha$$

B étant négatif le matin et positif le soir ;

et pour les stations australes :

$$V = 90^\circ + B + d_p + \alpha$$

B étant positif le matin et négatif le soir.

Reste à déterminer le signe de α ; or nous avons dit que cet angle se comptait à partir du nadir vers le côté où se trouve le Soleil ; du reste, dans une station boréale, l'observateur qui regarde le miroir a le Soleil à sa droite au commencement de l'opération, et à sa gauche vers la fin : l'angle α a donc des valeurs positives au commencement, passe par 0° quand le Soleil est dans le vertical de l'instrument et devient négatif à la fin de l'opération.

C'est la marche inverse qui se présente dans l'hémisphère austral.

Remarquons, en passant, que, vu la nécessité d'établir des formules différentes pour l'un et l'autre hémisphère, — cette diversité ayant sa raison d'être dans les dispositions inverses que l'on donne à la lunette au nord et au sud de l'équateur, de telle sorte qu'un observateur placé sous les tropiques emploiera l'une ou l'autre formule, suivant qu'il placera son miroir au nord ou au sud de la lunette, — vu, dis-je, cette nécessité, il paraîtra plus commode et plus conforme à une bonne méthode de n'avoir qu'une convention unique pour le signe des angles B et α et de diversi-

fier les formules en conséquence. Admettons donc que B ait le signe — avant midi, le signe + après; que α ait le signe — au commencement de l'opération et le signe + après, et nous aurons dans tous les cas les formules suivantes :

$$V = 270^\circ + B + d_p - \alpha$$

quand le miroir est au nord de la lunette et

$$V = 90^\circ - B + d_p + \alpha$$

quand le miroir est au sud de la lunette.

C'est en partant de ces formules qu'ont été établis les tableaux qui suivent; on trouvera le détail des calculs dans les pièces annexées au rapport.

Voici, du reste, quelques indications qui permettront de vérifier plus aisément les nombres que j'ai trouvés.

TABLEAU I.

Orientation de la ligne des centres dans la station de Yoko-hama.

On s'est servi des données suivantes :

Coordonnées géographiques de la station :

latitude. 35° 27' Nord

longitude. 137° 20' Est.

Azimuth de la lunette 20° 31' 30" du sud vers l'ouest.

TABLEAU II.

Orientation de la ligne des centres dans la station de Pékin.

On s'est servi des données suivantes :

latitude. $39^{\circ} 54'$ Nord

longitude. $114^{\circ} 8'$ Est.

La lunette est orientée dans le méridien.

TABLEAU III.

*Orientation de la ligne des centres dans la station
de Saint-Paul.*

On s'est servi des données suivantes :

latitude. $38^{\circ} 30'$ Sud

longitude. $75^{\circ} 14'$ Est.

Azimuth de la lunette $52^{\circ} 33' 40''$ du nord vers l'est.

TABLEAU IV.

*Orientation de la ligne des centres dans la station
de Campbell.*

On s'est servi des données suivantes :

latitude. $52^{\circ} 33'$ Sud.

longitude. $166^{\circ} 48'$ Est.

Azimuth de la lunette $66^{\circ} 58' 20''$ du nord vers l'ouest.

TABLEAU V.

Angle de position de Vénus par rapport au centre du Soleil et parallaxe de l'angle de position pour les quatre stations françaises.

Les valeurs de d , angle de position, sont déduites des coordonnées x et y de Vénus, par la formule $\text{tang } d = \frac{y}{x}$. Les valeurs de x et y sont déduites par interpolation des nombres que M. Puiseux a calculés d'après les tables de M. Leverrier pour les époques: 8 décembre 1874 à 12^h, 14^h, 16^h, 18^h, 20^h, temps moyen de Paris, tels qu'il les a énoncés dans son cours de la Sorbonne.

La parallaxe de l'angle de position a été calculée par la formule :

$$d_p - d = \frac{\Pi W}{D \sin 1''} [e \cos \Lambda \cos L + f \cos \Lambda \sin L + g \sin \Lambda]$$

où Π désigne la parallaxe horizontale du Soleil, W la quantité $\frac{1}{\Delta'} - \frac{1}{\Delta}$, Δ et Δ' étant les rapports des distances géocentriques du Soleil et de Vénus au demi-grand axe de l'orbite terrestre, D la distance des centres des deux astres et e, f, g , des coefficients variables avec le temps. Les quantités We, Wf, Wg désignées par E, F, G , ainsi que $D \sin 1''$ ont été empruntées aux tableaux de valeurs publiés par M. Puiseux dans le *Compte rendu de l'Académie des sciences* du 29 décembre 1873.

Remarquons que l'argument de ce dernier tableau V est le temps moyen de Paris, tandis que les arguments des précédents sont les temps moyens des lieux d'observation.

TABLEAU N° I.
Station de Yoko-hama.

TEMPS moyen du lieu.	HAUTEUR du Soleil.	ORIENTATION de la ligne des centres.	ORIENTATION du grand côté de la plaque par rapport à la verticale.
8 déc. 23 ^h 0 ^m	30°28'	304°58'	34°58'
15	31 4	311 14	41 14
30	31 30	316 50	46 50
45	31 42	322 42	52 42
9 déc. 0 ^h 0	31 42	328 42	58 42
15	31 29	334 54	64 54
30	31 3	341 21	71 21
45	30 25	347 55	77 55
1 ^h 0	29 35	354 35	84 35
15	28 32	1 18	91 18
30	27 19	8 3	98 3
45	25 56	14 46	104 46
2 ^h 0	24 22	21 28	111 28
15	22 40	27 59	117 59
30	20 49	34 21	124 21
45	18 51	40 35	130 35
3 ^h 0	16 45	46 33	136 33
15	14 33	52 19	142 19
30	12 15	57 53	147 53
45	9 52	63 23	153 23
4 ^h 0	7 23	68 59	158 59

TABLEAU N° III.
Station de Saint-Paul.

TEMPS moyen du lieu.	HAUTEUR du Soleil.	ORIENTATION de la ligne des centres.	ORIENTATION du grand côté de la plaque par rapport à la verticale.
8 déc. 19 ^h 0 ^m	26°49'	176°15'	86°15'
15	29 42	179 2	89 2
30	32 37	181 59	91 59
45	35 34	185 8	95 8
20 ^h 0	38 30	188 30	98 30
15	41 26	192 3	102 5
30	44 22	195 47	105 47
45	47 17	199 39	109 39
21 ^h 0	50 11	203 58	113 38
15	53 3	207 41	117 41
30	55 54	211 35	121 35
45	58 40	216 4	126 4
22 ^h 0	61 22	219 44	129 44
15	63 58	223 26	133 26
30	66 26	227 21	137 21
45	68 42	230 47	140 47
23 ^h 0	70 44	233 5	143 5
15	72 24	237 11	147 11
30	73 36	240 4	150 4
45	74 14	242 44	152 44

TABLEAU N° II.
Station de Pékin.

TEMPS moyen du lieu.	HAUTEUR du Soleil.	ORIENTATION de la ligne des centres.	ORIENTATION du grand côté de la plaque par rapport à la verticale.
8 déc. 21 ^h 15 ^m	17°21'	281°13'	11°13'
30	19 12	286 26	16 26
45	20 32	291 49	21 49
22 ^h 0	22 1	297 32	27 32
15	23 18	303 9	33 9
30	24 24	309 17	39 17
45	25 20	315 15	45 15
23 ^h 0	26 6	321 38	51 38
15	26 41	328 8	58 8
30	27 3	334 48	64 48
45	27 15	341 32	71 32
9 déc. 0 ^h 0	27 15	348 18	78 18
15	27 3	355 2	85 2
30	26 40	1 43	91 43
45	26 6	8 17	98 17
1 ^h 0	25 19	14 42	104 41
15	24 23	20 56	110 56
30	23 17	26 59	116 59
45	22 1	32 49	122 49
2 ^h 0	20 35	38 27	128 27
15	19 1	43 54	133 54
30	17 19	49 21	139 21

TABLEAU N° IV.
Station de Campbell.

TEMPS moyen du lieu.	HAUTEUR du Soleil.	ORIENTATION de la ligne des centres.	ORIENTATION du grand côté de la plaque par rapport à la verticale.
9 déc. 1 ^h 0 ^m	57°35'	90°49'	0°49'
15	56 20	93 52	3 52
30	54 54	98 27	8 27
45	53 20	101 24	11 24
2 ^h 0	51 36	105 11	15 11
15	49 46	109 20	19 20
30	47 49	113 58	23 58
45	45 47	118 5	28 5
3 ^h 0	43 42	122 36	32 36
15	41 33	127 11	37 11
30	39 25	131 47	41 47
45	37 8	136 19	46 19
4 ^h 0	34 53	140 47	50 47
15	32 38	145 7	55 7
30	30 20	149 18	59 18
45	27 51	153 19	63 19
5 ^h 0	25 47	157 5	67 5
15	23 31	160 41	70 41
30	21 15	164 4	74 4
45	19 1	167 27	77 27

TABLEAU N° V.
Angle de position de Vénus.

VALEUR DE $d_p - d$ POUR LES STATIONS DE :

TEMPS MOYEN de Paris.	d'	YOKO-HAMA.	PÉKIN.	SAINTE-PAUL.	CAMPBELL.
13 ^h 45 ^m	38°22	— 1° 4'	— 1°16'	— 0° 6'	+ 0 40'
14 ^h 0	41 13	— 1 2	— 1 17	11	43
15	44 15	— 0 59	— 1 17	15	46
30	47 30	— 0 55	— 1 14	20	49
45	50 57	— 0 49	— 1 12	24	53
15 ^h 0	54 36	— 0 42	— 1 8	28	56
15	58 26	— 0 34	— 1 2	32	59
30	62 26	— 0 24	— 0 54	35	1 1
45	66 34	— 0 13	— 0 45	38	2
16 ^h 0	70 47	— 0 2	— 0 35	39	3
15	75 3	+ 0 9	— 0 24	40	3 -
30	79 20	+ 0 21	— 0 12	39	2
45	83 33	+ 0 32	— 0 0	37	1 0
17 ^h 0	87 42	+ 0 42	+ 0 11	36	0 57
15	91 42	+ 0 51	+ 0 22	32	53
30	95 34	+ 0 59	+ 0 32	28	49
45	99 14	+ 1 5	+ 0 40	25	44
18 ^h 0	102 43	+ 1 9	+ 0 46	21	39
15	105 59	+ 1 12	+ 0 52	17	34
30	109 3	+ 1 14	+ 0 57	13	29
45	111 55	+ 1 15	+ 1 0	10	24

DÉCISION PRISE

DANS LE BUT

D'ASSURER LA CONSERVATION DES DOCUMENTS

RECUEILLIS DANS LES DIVERSES STATIONS.

Chaque chef de station devra faire trois copies certifiées des résultats de ses observations relatives au passage ou s'y rattachant.

La première sera laissée dans les archives de la première station française, aux mains du Consulat ou de toute autre autorité compétente ;

La seconde sera confiée à un navire de l'État ou des messageries maritimes, en partance pour la France ;

La troisième sera conservée par le chef de l'expédition et rapportée par lui-même sur un autre navire.

Pour les stations de Saint-Paul et Campbell, il sera fait une quatrième copie, qui sera laissée dans l'île même, sur un point facile à retrouver, enterrée, à l'abri de l'humidité, ou cachée dans une cavité creusée dans le rocher.

Le président de la commission,

DUMAS.

LÉGENDE EXPLICATIVE

DE LA

PLANCHE RELATIVE A LA *LUNETTE PHOTOGRAPHIQUE*

DESTINÉE

A L'OBSERVATION DU PASSAGE DE VÉNUS.

La planche, placée à la fin du volume, représente la lunette photographique adoptée par la Commission dans la séance du 8 mars 1873 (p. 329, 1^{er} volume des mémoires, rapports et documents, etc.) et divers appareils relatifs à son usage; elle forme le complément nécessaire des documents imprimés dans le présent volume, en particulier du programme des opérations photographiques (voir p. 1), dont plusieurs passages seraient peu intelligibles sans la représentation des diverses pièces auxquelles ils se rapportent.

La théorie et le maniement de l'appareil seront l'objet d'une description et d'une discussion plus complètes lors de la publication des mesures effectuées sur les épreuves obtenues dans les diverses stations; on se contentera ici de

renvoyer pour les dispositions principales aux mémoires et rapports qui ont conduit à leur adoption.

FIGURE 1. — *Coupe de l'objectif photographique.* Objectif achromatique de 0^m,135 (5 pouces) d'ouverture et de 4 mètres environ de distance focale. Le verre convergent en crown-glass C est porté par un manchon extérieur D qui glisse sur un tube intérieur T portant le verre divergent en flint glass F.

Les deux verres, taillés comme les objectifs employés en astronomie, pour donner des images achromatiques, peuvent être écartés, grâce au mouvement de glissement du manchon, à une distance comprise entre 1 millimètre et 100 millimètres, mesurée sur une échelle latérale fixée au manchon. Cette disposition, qui permet de vérifier optiquement la perfection de l'objectif lorsque les verres sont au contact, sert à transformer l'achromatisme des rayons visibles en achromatisme des rayons chimiques par un écartement convenable des verres. (Voir, 1^{er} volume, les Notes présentées à ce sujet à la Commission par M. Cornu, p. 265, 303, 403 et 447, — ainsi que les Rapports de M. Fizeau, p. 315 et 329.)

La netteté la plus grande des épreuves photographiques correspondait à un écartement des verres voisin de 45 millimètres, ce qui réduisait la distance focale d'environ 30 centimètres.

FIG. 2. — *Oculaire Porte-plaque.* Il se compose d'un châssis BB' destiné à renfermer les plaques impressionnables, glissant à coulisse entre deux guides AA', A''A''' dans le plan focal de la lunette. Le couvercle BB'' se ferme à charnière et porte un oculaire L pour la mise au point optique de l'appareil : un verrou K peut le maintenir fermé ; une pince J permet de le fixer en un point quelconque de sa course.

La platine qui porte les guides AA' A'' A''' est fixée au tube de la lunette par un collier de serrage qui embrasse le coulant R ; elle est représentée avec ses arêtes verticales ; mais elle peut prendre une orientation quelconque autour de l'axe de la lunette ; une graduation en degrés portée par le tube N, voisin du collier de serrage, et un index fixe V', permettent de régler les orientations relativement à la verticale à moins d'un demi-degré près.

Un obturateur O, destiné à intercepter toute lumière venant de l'objectif ou à limiter le champ des images focales, s'introduit, à 5 millimètres en avant du plan des plaques impressionnables, dans une fente

convenable ménagée dans la pièce métallique qui raccorde la platine AA' A'' A''' au collier de serrage.

L'obturateur à fente GG' est une lame d'acier poli qui glisse très-librement dans une fente traversant toute la longueur de la platine à deux millimètres environ du plan des plaques impressionnables : un système de poids et de poulies convenables fixé sur un support indépendant XY (voir fig. 4), permet de lui imprimer un mouvement plus ou moins rapide, sans ébranler la lunette. L'ouverture rectangulaire $\varphi\varphi'$ (fig. 2), que porte cette lame, découvre successivement pendant un temps très-court les diverses parties de l'image focale du soleil et produit l'impression photographique sur la plaque sensible.

Le mouvement de cet obturateur devra s'effectuer toujours perpendiculairement à la ligne qui joint les centres du Soleil et de Vénus sur l'image focale (voir premier volume, p. 404) : on y parviendra en réglant l'orientation du châssis (présent volume, programme, p. 6), d'après une table calculée à l'avance pour chaque station. (Voir dans le présent volume, p. 89 et p. 97, et les tables, p. 105.)

Sur le coulant de la lunette emboîté dans le tube V, muni lui-même d'un collier de serrage, est tracée une graduation en millimètres qui permet de régler à $\frac{1}{10}$ de millimètre, le tirage de la lunette, c'est-à-dire la position du porte-plaque : par une série d'essais méthodiques décrits précédemment (1^{er} volume, p. 304 et suivantes ; présent volume, *Notes pratiques*, p. 17), on définit la position du porte-plaque où les images du bord solaire ont le maximum de netteté.

FIG. 3. — *Lunette photographique montée équatorialement.* C'est la disposition photographique la plus simple et la plus parfaite qu'on puisse adopter lorsqu'on a soin de choisir une monture équatoriale bien stable et une distance focale de grandeur moyenne pour la lunette. (Voir le Rapport de M. Fizeau, 1^{er} vol., page 315.) Sa perfection provient de ce que les organes optiques employés à la formation des images sont les moins difficiles à construire et que leur nombre est réduit au minimum.

FIG. 4. — *Perspective de la lunette photographique horizontale avec miroir.* C'est la disposition adoptée par la Commission ; un appareil semblable est donné aux cinq expéditions de Saint-Paul, Pékin, Nagasaki, Campbell et Nouméa.

Le miroir-plan M, en verre argénté, est circulaire et a 0^m,30 de diamètre ; l'observateur le gouverne par l'intermédiaire de longues ma-

nettes mm' qui transmettent les petits mouvements en azimut et en hauteur. Un véritable *chercheur*, composé d'une lentille à long foyer U, et d'un verre dépoli U' placé à son foyer principal, reçoit le faisceau réfléchi par un miroir auxiliaire M' plus petit et solidaire avec le grand miroir.

Un réglage préalable du parallélisme des plans réfléchissants et des axes optiques du chercheur et de la lunette permet de diriger sans peine le faisceau réfléchi par le grand miroir sans avoir besoin de découvrir celui-ci, excepté au moment de l'observation photographique. (Voir le Programme, page 5.)

Le porte-plaque A est celui qui est décrit fig. 2; on y voit en place la pièce additionnelle, XY, ou support qui porte le système de poids et de poulies destinées à mettre en mouvement l'écran mobile GG' de la fig. 2. Ce support est complètement indépendant des pièces qui l'avoisinent et ne touche en aucun point le porte-plaque ni la lunette; néanmoins il peut suivre les orientations diverses que ce porte-plaque doit prendre suivant l'heure de l'observation. Sa construction sera donnée plus tard en détail dans la description des mesures des épreuves obtenues.

Le ventilateur, à force centrifuge W, est destiné à agiter et renouveler par aspiration l'air de l'intérieur de la lunette afin d'éviter l'inégal échauffement des couches: on doit le faire fonctionner avant chaque observation. (Voir les notes pratiques, page 17.)

FIG. 5 et 6. — *Représentation en demi-grandeur des deux espèces d'épreuves à obtenir pendant la durée du passage de Vénus sur le Soleil.* (Voir le Programme, p. 6.) La première représente les deux épreuves du disque solaire entier qu'on devra obtenir vers le milieu du passage; la seconde, une série de cinq zones, correspondant à l'entrée ou à la sortie de la planète. Dans ce dernier cas, on obtient cette limitation des images par une ouverture convenable pratiquée dans l'obturateur O (fig. 2).

La multiplicité des épreuves sur une même plaque s'obtient en faisant glisser le châssis BB' (fig. 2) entre ses guides et en l'arrêtant aux positions convenables avec la pince J.

FIG. 7 et 8. — *Représentation en vraie grandeur du disque solaire et du disque de la planète dans chacun de ces deux genres d'épreuves.*

FIG. 9. — *Boîte à ioder et à bromer les plaques.* Boîte en noyer à deux com-

partiments, renfermant chacun une cuvette rectangulaire à bords rodés : l'une contient des cristaux d'iode, l'autre de la chaux bromée. Deux glaces mobiles $g g'$ permettent de fermer hermétiquement ces cuvettes et de les découvrir facilement comme on le voit en g' . Un châssis mobile à coulisse peut voyager de l'une à l'autre de ces cuvettes et, par suite, exposer successivement la plaque aux vapeurs d'ode ou de brome. (Voir le Programme, p. 3 et 4, et les notes pratiques, p. 11, etc.)

FIG. 10. — *Lame de métal*, avec rebords hh' , destinée à transporter, à l'abri de la lumière, les plaques daguerriennes, depuis la boîte à ioder jusqu'au porte-plaque et de là à la boîte à mercure : comme la cabane, où l'instrument est établi, est assez sombre, ce mode de transport suffit pour protéger complètement la couche sensible contre la lumière extérieure.

FIG. 11. — *Boîte à mercure*. (Voir le Programme, p. 7.) C'est une boîte en bois à rainures verticales v, v , dans lesquelles on peut ranger 40 plaques par groupes de deux, séparés par un intervalle de 10 millimètres environ : le fond est en tôle et contient du mercure chauffé par une lampe à alcool l . La température est indiquée par le thermomètre t' . Une lame de tôle, dont on peut régler la distance au fond de la boîte, permet de maintenir la température bien stationnaire au degré voulu.

Luette photographique destinée à l'observation du Passage de Venus

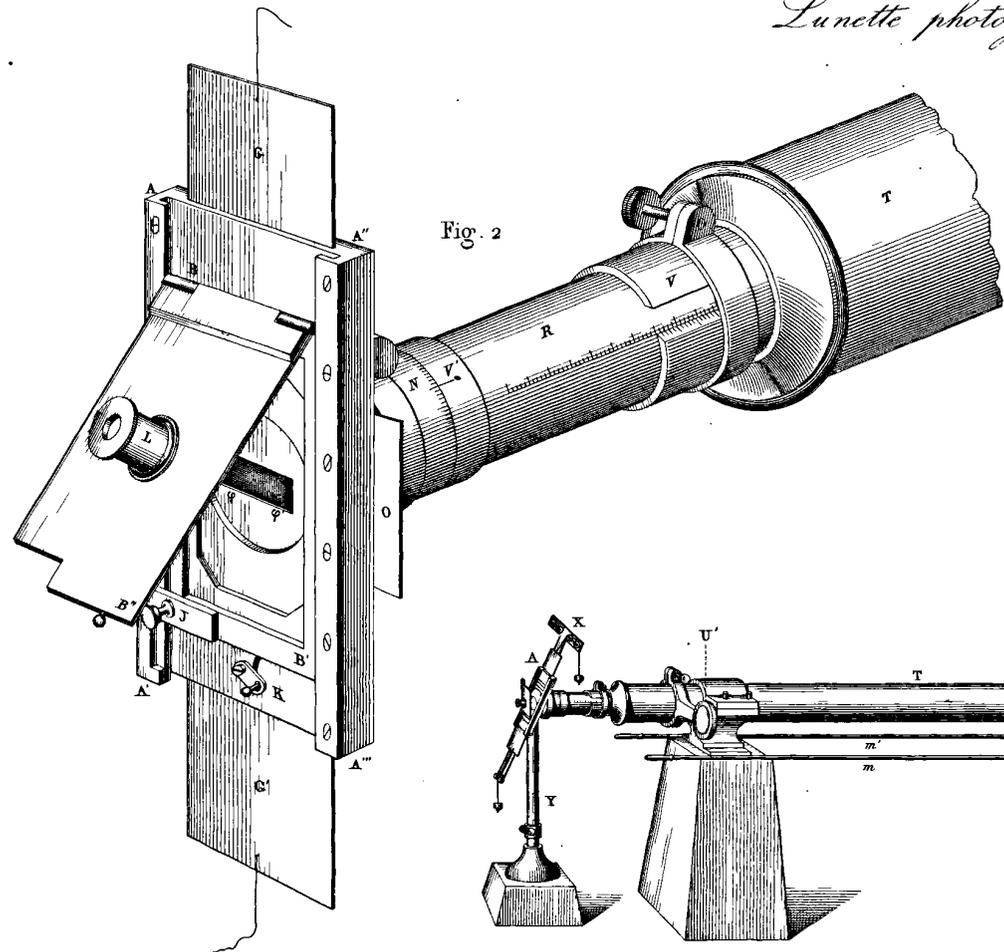


Fig. 2

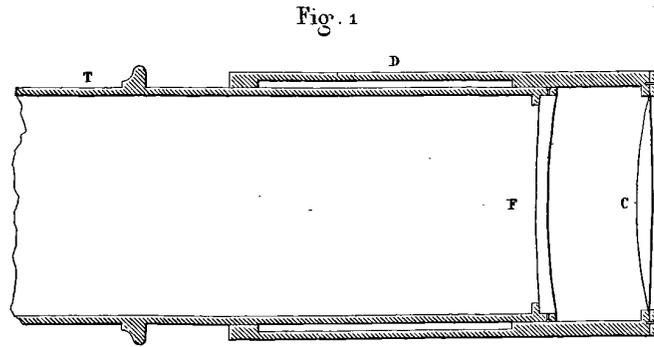


Fig. 1

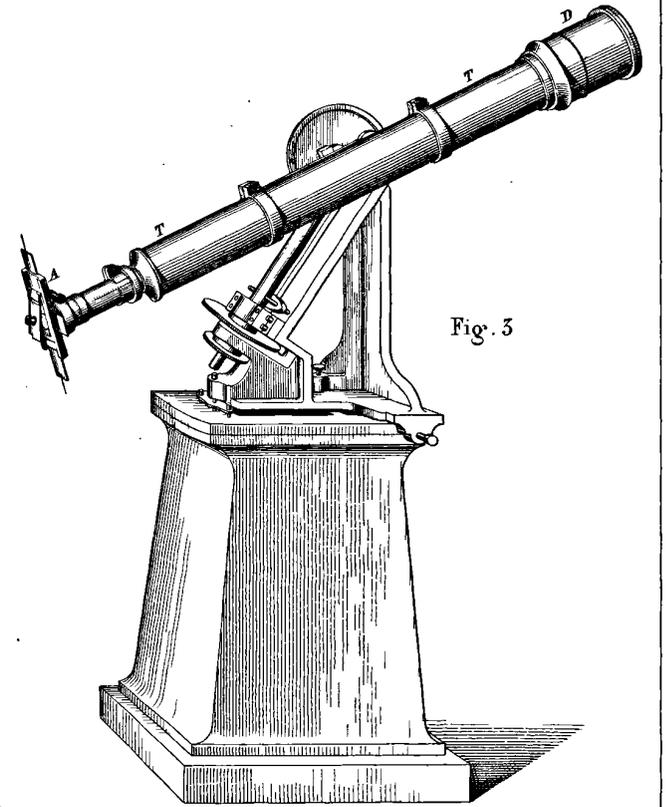


Fig. 5

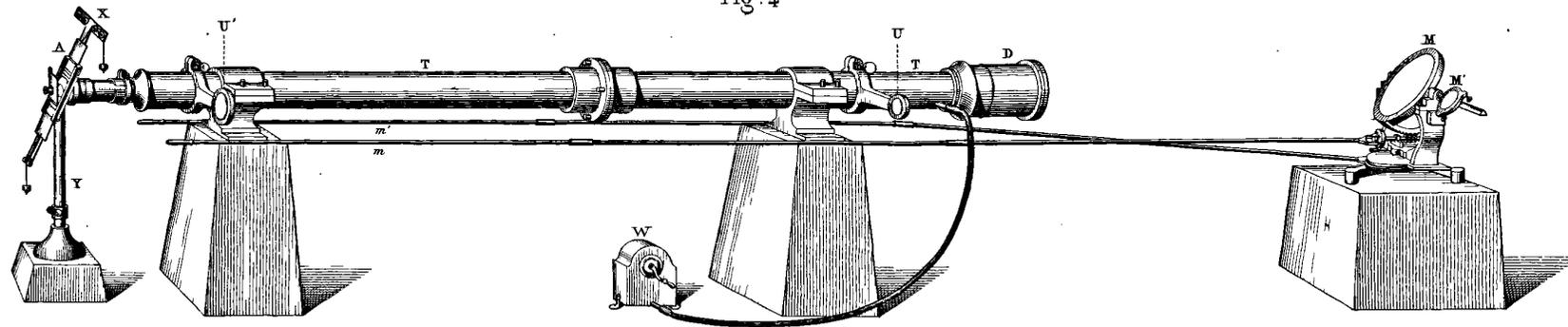


Fig. 4

Fig. 5

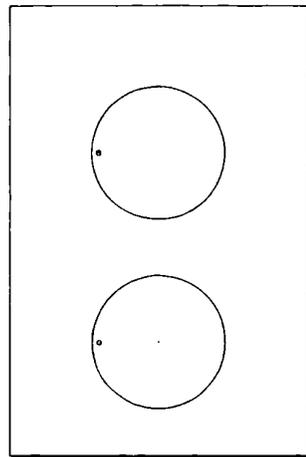


Fig. 6

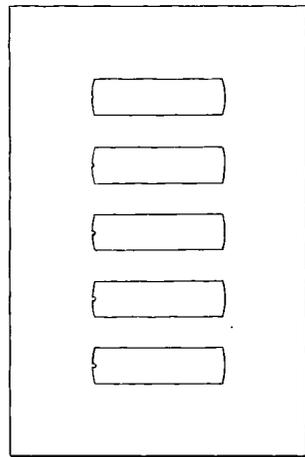


Fig. 8

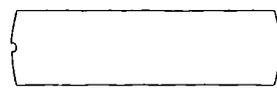


Fig. 7

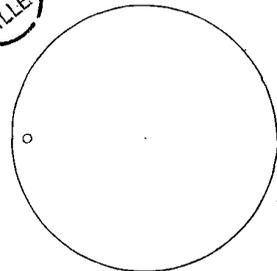


Fig. 9

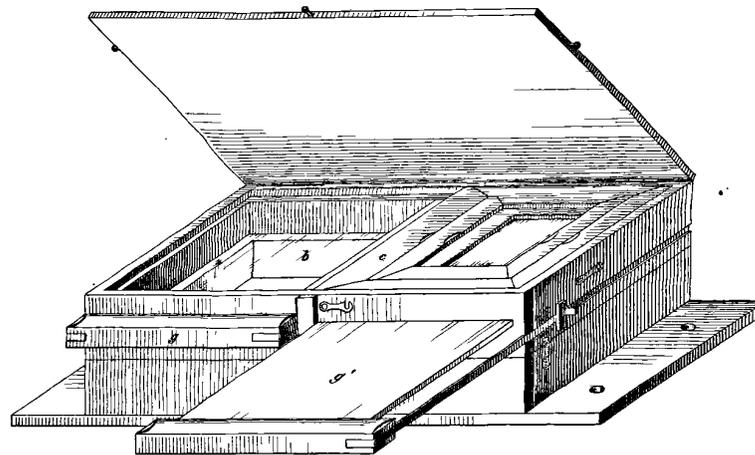


Fig. 10

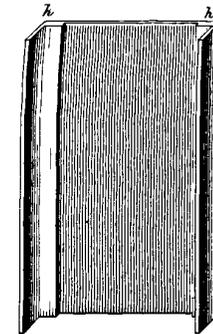
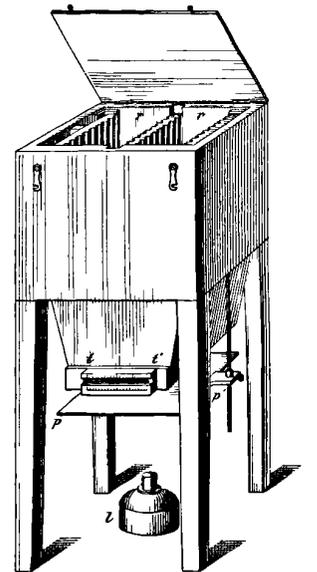


Fig. 11



RECUEIL DE NOMBRES

POUVANT SERVIR A LA DISCUSSION

DES OBSERVATIONS DU PASSAGE DE VÉNUS

DU 8 DÉCEMBRE 1874

PAR M. V. PUISEUX.

Pour déduire la parallaxe du Soleil, soit des observations faites au moment du passage de Vénus, soit des mesures exécutées postérieurement sur des épreuves photographiques, il sera nécessaire de comparer les circonstances observées du phénomène avec celles que l'on peut calculer en faisant usage des Tables astronomiques et partant d'une valeur provisoire de la parallaxe moyenne. Je me propose de réunir ici diverses données numériques obtenues en attribuant à la parallaxe solaire moyenne la valeur $8''{,}86$ et en faisant usage des Tables du Soleil et de Vénus de M. Le Verrier. Ces données sont plus spécialement relatives aux stations dans lesquelles le passage a pu être réellement observé ou photographié par les membres des missions françaises. Les nombres que je vais rapporter pourront faciliter la discussion des observations qui ont déjà été publiées et de celles qui le seront ultérieurement. Je donne, autant que possible, le détail des calculs qui les ont fournis, afin d'en rendre la vérification plus aisée.

1. On a d'abord calculé, pour le 8 décembre 1874, aux trois heures équidistantes 12^h , 16^h , 20^h (temps moyen de Paris), la longitude du Soleil, sa latitude et sa distance à la Terre, telles qu'elles résultent des Tables du Soleil de M. Le Verrier (*Annales de l'Observatoire*, t. IV). Les lettres L, Π , l , l' , l'' , l''' , l^{iv} , l^v , x , N, A, ayant la signification qui leur est attribuée dans ces Tables, on trouve, pour les heures indiquées, et à l'aide des Tables I, III, IV, V, VI, les nombres suivants :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
L.	257° 33' 37",78	257° 43' 29",16	257° 53' 20",55
Π	280. 47. 0,13	280. 47. 0,16	280. 47. 0,19

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
<i>l</i>	1758	1765	1773
<i>l'</i>	855	858	861
<i>l''</i>	857	859	861
<i>l'''</i>	1960	1961	1962
<i>l^{iv}</i>	2189	2190	2190
<i>l^v</i>	3551	3551	3551
<i>x</i>	2507	2531	2555
N.	3735	3735	3735
A (complet). . .	0	21	42

En retranchant Π de L , on obtient l'anomalie moyenne ζ , à l'aide de laquelle on prend dans la Table VII l'équation du centre; on trouve :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
ζ	336° 46' 37",65	336° 56' 29",00	337° 6' 20",36
Équation du centre. —	0. 46.19,71	— 0. 46. 1,20	— 0. 45.42,65

On obtient ensuite, à l'aide des Tables IX à XXXI, les nombres qui suivent :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table IX, P \odot	0,00	+ 0,22	+ 0,46
Table X, Ψ \odot	— 6,92	— 6,90	— 6,89
Table XI, Ψ \ominus	— 0,56	— 0,55	— 0,55
Table XII, aberrat. (partie var.).	— 0,31	— 0,31	— 0,31
Table XIII, φ	— 0,03	— 0,03	— 0,03
Table XIV, φ	+ 0,01	0,00	— 0,02
Table XV, φ	+ 0,47	+ 0,47	+ 0,47
Table XVI, φ	+ 0,29	+ 0,29	+ 0,29
Table XVII, φ	+ 0,13	+ 0,12	+ 0,12
Table XVIII, φ	— 0,03	— 0,03	— 0,03
Table XIX, φ	— 0,03	— 0,03	— 0,03
Vable XX, φ	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,03
Table XXI, φ	+ 0,69	+ 0,68	+ 0,68
Table XXII, φ	— 0,01	— 0,01	— 0,01
Table XXIII, φ	— 0,30	— 0,29	— 0,29
Table XXIV, φ	— 1,79	— 1,79	— 1,79
Table XXV, φ	+ 0,46	+ 0,46	+ 0,46
Table XXVI, φ	+ 0,29	+ 0,29	+ 0,29
Table XXVII, φ	+ 0,21	+ 0,21	+ 0,21
Table XXVIII, φ	— 0,05	— 0,06	— 0,06
Table XXIX, φ	+ 8,61	+ 8,61	+ 8,61
Table XXX, φ	+ 0,47	+ 0,47	+ 0,47
Table XXXI, φ	— 0,33	— 0,33	— 0,33
Somme.	+ 1,30	+ 1,52	+ 1,75

En ajoutant cette dernière somme à la somme de L et de l'équation du centre, on obtient la longitude apparente du Soleil comptée de l'équinoxe vrai, longitude que nous désignerons par α :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
α	256° 47' 19",37	256° 57' 29",48	257° 7' 39",65

On a tiré des mêmes Tables la distance du Soleil à la Terre, que nous nommerons Δ , et la latitude de cet astre, que nous appellerons β .

Calcul de Δ .

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table XXXII, partie elliptique.	0,984 6425	0,984 6230	0,984 6036
Table XXXIII, R C	+ 327	+ 327	+ 325
Table XXXIV, ☿	+ 2	+ 2	+ 2
Table XXXV, ♀	+ 159	+ 159	+ 159
Table XXXVI, ♀	— 38	— 38	— 38
Table XXXVII, ♂	— 56	— 56	— 56
Table XXXVIII, ♂	— 5	— 5	— 5
Table XXXIX, ♄	— 49	— 49	— 48
Table XL, ♄	+ 16	+ 16	+ 16
Table XLI, ♃	— 4	— 4	— 4
Δ	0,984 6777	0,984 6582	0,984 6387

Calcul de β .

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table XLII, ♀	— 0",01	— 0",01	— 0",01
Table XLIII, ♄	+ 0,08	+ 0,08	+ 0,08
Table XLIV, ♃	— 0,04	— 0,04	— 0,04
Table XLV, équation lunaire..	— 0,45	— 0,46	— 0,47
β	— 0,42	— 0,43	— 0,44

2. On a calculé ensuite le lieu héliocentrique de Vénus à l'aide des Tables de cette planète par M. Le Verrier (*Annales de l'Observatoire*, t. VI). Les Tables I, III, IV, V donnent d'abord :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
L.	77° 18' 20",60	77° 34' 21",91	77° 50' 23",21
♄	129. 47. 47,40	129. 47. 47,42	129. 47. 47,44
♃	75. 33. 32,54	75. 33. 32,55	75. 33. 32,57
<i>l</i>	1758	1765	1773
<i>l'</i>	855	858	861
<i>l''</i>	857	859	861
<i>l'''</i>	1960	1961	1962
<i>l^v</i>	2189	2190	2190
<i>l^v</i>	3551	3551	3551

En retranchant ω de L, on obtient l'anomalie moyenne ζ , à l'aide de laquelle on prend dans la Table VI l'équation du centre. On trouve :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
ζ	307° 30' 33",20	307° 46' 34",49	308° 2' 35",77
Équation du centre. —	0. 37.26,62	0. 37.18,64	0. 37.10,59

On obtient ensuite, à l'aide des Tables VIII à XXIII, les nombres qui suivent :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table VIII, ♀	— 0",89	— 0",89	— 0",89
Table IX, ♂	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,03
Table X, ♂	— 0,60	— 0,60	— 0,60
Table XI, ♂	— 0,09	— 0,09	— 0,09
Table XII, ♂	— 0,27	— 0,28	— 0,28
Table XIII, ♂	— 0,16	— 0,16	— 0,15
Table XIV, ♂	+ 0,04	+ 0,04	+ 0,04
Table XV, ♂	— 0,05	— 0,05	— 0,05
Table XVI, ♂	+ 0,12	+ 0,12	+ 0,12
Table XVII, ♂	— 0,90	— 0,89	— 0,88
Table XVIII, ♂	+ 0,46	+ 0,46	+ 0,46
Table XIX, ♂	— 0,48	— 0,47	— 0,47
Table XX, ♂	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,03
Table XXI, ♀	+ 3,32	+ 3,32	+ 3,32
Table XXII, ♀	— 0,15	— 0,15	— 0,15
Table XXIII, ♀	— 0,05	— 0,05	— 0,05
Somme	+ 0,36	+ 0,37	+ 0,39

En ajoutant cette dernière somme à la somme de L et de l'équation du centre, on obtient la longitude vraie v de Vénus, comptée de l'équinoxe moyen. On en conclut l'argument $v - \theta$ de la réduction à l'écliptique, et, par suite, cette réduction elle-même, à l'aide de la Table XXIV. La somme de la longitude vraie et de la réduction à l'écliptique sera la longitude héliocentrique de Vénus, comptée de l'équinoxe moyen; nous la désignerons par l' . On trouve ainsi :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
v	76° 40' 54",34	76° 57' 3",64	77° 13' 13",01
$v - \theta$	+ 1. 7.21,80	+ 1. 23.31,09	+ 1. 39.40,44
Réduction à l'écliptique (Table XXIV).	— 0. 0. 7,08	— 0. 0. 8,78	— 0. 0.10,48
l'	76. 40.47,26	76. 56.54,86	77. 13. 2,53

La latitude héliocentrique de Vénus, que nous appellerons λ' , se calcule à l'aide des Tables XXV à XXVIII, et le rayon vecteur de cette planète, que nous nommons r' , est donné par les Tables XXIX à XXXVII.

Calcul de λ' .

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table XXV (partie ellipt.).	+ 0° 3' 59",21	+ 0° 4' 56",57	+ 0° 5' 53",92
Table XXVI, ☿.	— 0,02	— 0,02	— 0,02
Table XXVII, ♀.	+ 0,14	+ 0,14	+ 0,14
Table XXVIII, ♃.	0,00	0,00	0,00
λ'	+ 0.3.59,33	+ 0.4.56,69	+ 0.5.54,04

Calcul de r' .

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
Table XXIX (partie elliptique).	0,720 3455	0,720 3271	0,720 3087
Table XXX, ☿.	— 4	— 4	— 5
Table XXXI, ♃.	+ 21	+ 21	+ 21
Table XXXII, ♃.	+ 24	+ 24	+ 24
Table XXXIII, ♃.	— 1	— 1	— 1
Table XXXIV, ♃.	+ 8	+ 8	+ 8
Table XXXV, ♂.	— 8	— 8	— 8
Table XXXVI, ♀.	— 15	— 15	— 14
Table XXXVII, ♃.	— 2	— 2	— 2
r'	0,720 3478	0,720 3294	0,720 3110

3. Cela fait, on a cherché de deux heures en deux heures, c'est-à-dire pour 12^h, 14^h, 16^h, 18^h et 20^h (temps moyen de Paris), le lieu géocentrique de Vénus. Soient

- l la longitude héliocentrique de la Terre, comptée de l'équinoxe moyen ;
- λ la latitude héliocentrique de la Terre ;
- r le rayon vecteur de la Terre.

Les valeurs de l pour 12^h, 16^h et 20^h s'obtiendront en retranchant de la longitude apparente α du Soleil calculée ci-dessus : 1° une demi-circonférence ; 2° la nutation $\Psi_{\odot} + \Psi_{\oplus}$ (n° 1) ; 3° la somme de la partie constante de l'aberration, — 20",45 et de la partie variable (n° 1). Les valeurs de λ , pour les mêmes heures, seront égales et de signe contraire aux valeurs déjà trouvées de la latitude β du Soleil. Enfin les valeurs de r sont les mêmes que celles de Δ .

Ayant pour 12^h, 16^h et 20^h les valeurs des six quantités $l, \lambda, r, l', \lambda', r'$, on en déduira, par une interpolation facile, les valeurs des mêmes quantités

à 14^h et à 18^h. On aura ainsi tous les éléments du calcul du lieu géocentrique de Vénus de deux heures en deux heures, savoir :

T. moy. de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
l	76° 47' 47",61	76° 52' 52",64	76° 57' 57",69	77° 3' 2",76	77° 8' 7",85
l'	76. 40. 47,26	76. 48. 51,05	76. 56. 54,86	77. 4. 58,69	77. 13. 2,53
λ +	0,42 +	0,43 +	0,43 +	0,44 +	0,44
λ' +	3. 59,33 +	4. 28,01 +	4. 56,69 +	5. 25,37 +	5. 54,04
$r = \Delta$	0,984 6777	0,984 6680	0,984 6582	0,984 6485	0,984 6387
r'	0,720 3478	0,720 3386	0,720 3294	0,720 3202	0,720 3110

Nommons à présent α'_0 et β'_0 la longitude et la latitude géocentriques réelles (non affectées de l'aberration) de Vénus, α'_0 étant comptée de l'équinoxe moyen; désignons de plus par Δ' la distance de cette planète au centre de la Terre. On a, en négligeant le carré de la latitude du Soleil,

$$\begin{aligned} \Delta' \cos \beta'_0 \cos (\alpha'_0 - l) &= r' \cos \lambda' \cos (l' - l) - r, \\ \Delta' \cos \beta'_0 \sin (\alpha'_0 - l) &= r' \cos \lambda' \sin (l' - l), \\ \Delta' \sin \beta'_0 &= r' \sin \lambda' - r \sin \lambda \end{aligned}$$

A l'aide de ces trois formules, on obtient les valeurs suivantes de α'_0 , β'_0 , $\log \Delta'$:

T. moy. de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
α'_0	257° 6' 53",12	257° 3' 51",01	257° 0' 48",91	256° 57' 46",84	256° 54' 44",84
β'_0 +	0.10. 50,64 +	0.12. 8,77 +	0.13. 26,91 +	0.14. 45,04 +	0.16. 3,13
$\log \Delta'$.	$\bar{1},422$ 1572	$\bar{1},422$ 1522	$\bar{1},422$ 1496	$\bar{1},422$ 1502	$\bar{1},422$ 1535

Ces nombres faisant connaître les accroissements de α_0 et de β_0 en une seconde de temps, on peut calculer les effets de l'aberration; on trouve qu'elle accroît α'_0 de + 3",33 et β'_0 de - 1",43. Si l'on applique ces corrections à α'_0 et à β'_0 , et qu'en outre on ajoute à α'_0 la nutation $\Psi_{\odot} + \Psi_{\oplus}$ (voir, n° 1, les valeurs de Ψ_{\odot} et de Ψ_{\oplus}), on obtient la longitude apparente α' et la longitude apparente β' de Vénus, la longitude étant maintenant comptée de l'équinoxe vrai. On trouve ainsi :

T. moy. de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
α'	257° 6' 48",97	257° 3' 46",86	257° 0' 44",79	256° 57' 42",74	256° 54' 40",73
β' +	0.10.49,21 +	0.12. 7,34 +	0.13.25,48 +	0.14.43,60 +	0.16. 1,70

Ajoutons que des valeurs de α et de β (longitude et latitude apparente du

Soleil) données ci-dessus de quatre en quatre heures, on conclut par interpolation les valeurs de ces quantités de deux en deux heures, savoir :

T. moy. de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
α . . .	256°47'19",37	256°52'24",42	256°57'29",48	257° 2'34",56	257° 7'39",65
β . . . —	0,42 —	0,43 —	0,43 —	0,44 —	0,44

4. Il convient maintenant de passer des longitudes et des latitudes aux ascensions droites et aux déclinaisons. Les Tables du Soleil de M. Le Verrier donnent, pour l'obliquité moyenne de l'écliptique au moment du passage, la valeur 23° 27' 19",96, et, pour les deux parties de la nutation de l'obliquité, les valeurs $\Omega_{\odot} = +8'',30$, $\Omega_{\ominus} = -0'',49$. Il en résulte pour l'obliquité vraie la valeur :

$$\omega = 23^{\circ} 27' 27'',77,$$

le chiffre des centièmes de seconde ne variant pas depuis 12^h jusqu'à 20^h (temps moyen de Paris).

L'ascension droite apparente \mathfrak{A} et la déclinaison apparente \mathfrak{D} du Soleil ont été calculées par les formules suivantes, que l'on obtient en négligeant le carré de la latitude β du Soleil :

$$\begin{aligned} \text{tang } \mathfrak{A}_0 &= \text{tang } \alpha \cos \omega, & \sin \mathfrak{D}_0 &= \sin \alpha \sin \omega, \\ \cot M &= \cos \alpha \text{ tang } \omega \quad (M > 0^{\circ} \text{ et } < 180^{\circ}), \\ \mathfrak{A} &= \mathfrak{A}_0 - \frac{\beta \cos M}{\cos \mathfrak{D}_0}, & \mathfrak{D} &= \mathfrak{D}_0 + \beta \sin M. \end{aligned}$$

Quant à l'ascension droite apparente \mathfrak{A}' et à la déclinaison apparente \mathfrak{D}' de Vénus, on les a obtenues par les formules

$$\begin{aligned} \text{tang } \varphi &= \frac{\text{tang } \beta'}{\sin \alpha'}, & \cos \mathfrak{D}' \cos \mathfrak{A}' &= \cos \beta' \cos \alpha', \\ \cos \mathfrak{D}' \sin \mathfrak{A}' &= \frac{\cos \beta'}{\cos \varphi} \sin \alpha' \cos (\omega + \varphi), & \sin \mathfrak{D}' &= \frac{\cos \beta'}{\cos \varphi} \sin \alpha' \sin (\omega + \varphi). \end{aligned}$$

On a trouvé ainsi les nombres suivants :

T. moy. de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
\mathfrak{A} . . .	255°38'44",69	255°44'14",01	255°49'43",36	255°55'12",78	256° 0'42",27
\mathfrak{A}' . . .	256. 0.55,35	255.57.47,11	255.54.38,99	255.51.30,96	255.48.23,05
\mathfrak{D} . . . —	22.48. 5,15	22.48.35,17	22.49. 4,99	22.49.34,63	22.50. 4,10
\mathfrak{D}' . . . —	22.39.12,60	22.37.37,27	22.36. 1,87	22.34.26,46	22.32.50,99

Si d'ailleurs on appelle ρ le demi-diamètre du Soleil, vu du centre de la Terre, et que, pour le demi-diamètre de cet astre à la distance 1, on prenne

la valeur $16'0'',00$, adoptée dans les Tables de M. Le Verrier, la formule $\rho = \frac{960''}{\Delta}$ donnera, pour les valeurs de ρ pendant le passage, les nombres suivants :

Temps moyen de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
ρ	974'',95	974'',95	974'',96	974'',97	974'',98

Pareillement, si l'on désigne par ρ' le demi-diamètre de Vénus, vu du centre de la Terre, et que, pour le diamètre apparent de cette planète à la distance 1, on prenne la valeur $16'',61$, adoptée dans les Tables de M. Le Verrier, on aura $\rho' = \frac{16'',61}{2\Delta}$; il en résulte que, le 8 décembre 1874, on a, depuis 12^h jusqu'à 20^h (temps moyen de Paris),

$$\rho' = 31'',42.$$

5. Concevons maintenant que, le centre de la Terre étant toujours supposé le centre de la sphère céleste, on mène un plan tangent à cette sphère par le centre S du disque du Soleil. Imaginons dans ce plan deux axes rectangulaires ayant pour origine le centre du Soleil; l'un SX sera supposé parallèle à l'équateur et dirigé vers l'est; l'autre SY sera dirigé vers le nord. Enfin, appelons X et Y les coordonnées du point où le rayon de la sphère, passant par le centre de Vénus, va percer le plan tangent. Les quantités X et Y, supposées exprimées en secondes d'arc, sont données par les formules

$$X = (\alpha' - \alpha) \cos \omega - (\omega' - \omega) (\alpha' - \alpha) \sin \omega \sin 1'',$$

$$Y = \omega' - \omega + \frac{1}{4} (\alpha' - \alpha)^2 \sin 2\omega \sin 1''.$$

(Voir la Note sur le passage de Vénus de 1882, qui fait partie des *Additions à la Connaissance des Temps pour 1875*.) On trouve, en appliquant ces formules,

Temps moyen de Paris.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h
X.	+ 1228'',00	+ 750'',52	+ 272'',93	- 204'',83	- 682'',73
Y.	+ 531,02	+ 657,33	+ 783,04	+ 908,13	+ 1032,64

Ces valeurs de X et de Y s'interpolent aisément à l'aide de leurs différences premières et secondes. Voici le tableau de ces quantités, calculées de dix en dix minutes, depuis 13^h40^m jusqu'à 19^h0^m, intervalle qui comprend toutes les phases des passages observés dans les diverses stations :

Temps moy. de Paris.	X	Y	Temps moy. de Paris.	X'	Y
13 ^h 40 ^m	+ 830,11	+ 636,32	16 ^h 30 ^m	+ 153,50	+ 814,37
50	790,31	646,83	40	113,69	824,80
14. 0	750,52	657,33	50	73,88	835,23
10	710,73	667,83	17. 0	+ 34,07	845,66
20	670,93	678,33	10	— 5,75	856,08
30	631,14	688,82	20	45,56	866,50
40	591,34	699,30	30	85,38	876,91
50	551,54	709,79	40	125,19	887,32
15. 0	511,75	720,26	50	165,01	897,73
10	471,95	730,74	18. 0	204,83	908,13
20	432,15	741,21	10	244,65	918,53
30	392,34	751,67	20	284,47	928,92
40	352,54	762,13	30	324,29	939,31
50	312,74	772,59	40	364,12	949,70
16. 0	272,93	783,04	50	403,94	960,08
10	233,12	793,49	19. 0	— 443,76	+ 970,46
16. 20	+ 193,31	+ 803,93			

A l'aide de ce tableau, on pourra obtenir, par la règle des parties proportionnelles, les valeurs de X et de Y correspondant à un instant quelconque du passage, et par conséquent connaître, à un instant quelconque, la position de Vénus sur le disque du Soleil, telle qu'elle serait vue par un observateur placé au centre de la Terre.

6. Faisons maintenant

$$X = D \cos \vartheta, \quad Y = D \sin \vartheta,$$

en sorte que, pour un observateur situé au centre de la Terre, D soit la distance angulaire des centres des deux astres et ϑ l'angle de position de Vénus par rapport au centre du Soleil. Ayant, par ce qui précède, les valeurs de X et de Y pour un instant quelconque du passage, on en pourra déduire celles de D et de ϑ . D'ailleurs, si l'on adopte la minute pour unité de temps, les différences des valeurs de X et de Y du tableau précédent, divisées par 10, peuvent être prises pour les valeurs des dérivées $\frac{dX}{dt}, \frac{dY}{dt}$ de X et de Y par rapport au temps; ces dérivées, qui varient à peine pendant la durée du passage, sont donc connues à un instant quelconque de cette durée, et l'on en déduit sans peine la dérivée $\frac{dD}{dt}$ de la distance angulaire des deux astres; on peut se servir pour cela des formules :

$$I \cos i = \frac{dX}{dt}, \quad I \sin i = \frac{dY}{dt}, \quad \frac{dD}{dt} = I \cos(i - \vartheta).$$

Les valeurs de δ , $\sin \delta$, $\cos \delta$, $\frac{dD}{dt}$ pouvant être utiles pour former les équations de condition correspondant aux diverses observations ou pour corriger de la réfraction les mesures prises sur les épreuves photographiques, on les a calculées de cinq en cinq minutes pour toute la durée du passage. La Table suivante contient les résultats de ce calcul; on ne doit pas oublier que les valeurs de $\frac{dD}{dt}$, inscrites dans la dernière colonne, supposent la minute prise pour unité de temps.

Temps moyen de Paris.	δ	$\sin \delta$	$\cos \delta$	$\frac{dD}{dt}$
13 ^h 45 ^m	+ 38°22'	+ 0,621	+ 0,784	+ 2''468
50	39.18	0,633	0,774	2,414
55	40.15	0,646	0,763	2,359
14. 0	41.13	0,659	0,752	2,302
5	42.12	0,672	0,741	2,243
10	43.13	0,685	0,729	2,182
15	44.15	0,698	0,716	2,119
20	45.19	0,711	0,703	2,054
25	46.24	0,724	0,690	1,986
30	47.31	0,737	0,676	1,915
35	48.38	0,750	0,661	1,844
40	49.47	0,764	0,646	1,770
45	50.57	0,777	0,630	1,694
50	52. 9	0,790	0,614	1,615
55	53.22	0,803	0,597	1,534
15. 0	54.36	0,815	0,579	1,452
5	55.52	0,828	0,561	1,367
10	57. 8	0,840	0,543	1,280
15	58.26	0,852	0,524	1,192
20	59.45	0,864	0,504	1,101
25	61. 5	0,875	0,483	1,008
30	62.26	0,886	0,463	0,915
35	63.48	0,897	0,442	0,819
40	65.11	0,908	0,420	0,722
45	66.34	0,918	0,398	0,624
50	67.58	0,927	0,375	0,525
55	69.22	0,936	0,352	0,425
16. 0	70.47	0,944	0,329	0,324
5	72.12	0,952	0,306	0,223
10	73.38	0,959	0,282	0,120
15	75. 3	0,966	0,258	— 0,019
20	76.29	0,972	0,234	+ 0,084
25	77.54	0,978	0,209	0,187

Temps moyen de Paris.	δ	$\sin \delta$	$\cos \delta$	$\frac{d\delta}{dt}$
16 ^h 30 ^m	+ 79°20'	+ 0,983	+ 0,185	+ 0''288
35	80.45	0,987	0,161	0,389
40	82. 9	0,991	0,137	0,490
45	83.33	0,994	0,112	0,589
50	84.57	0,996	0,088	0,688
55	86.20	0,998	0,064	0,785
17. 0	87.42	0,999	0,040	0,881
5	89, 3	1,000	+ 0,017	0,975
10	90,23	1,000	— 0,007	1,069
17. 15	91,42	1,000	0,030	1,160
20	93. 1	0,999	0,053	1,249
25	94.18	0,997	0,075	1,337
30	95.34	0,995	0,097	1,422
35	96.49	0,993	0,119	1,506
40	98. 2	0,990	0,140	1,587
45	99,14	0,987	0,160	1,666
50	100.25	0,984	0,181	1,743
55	101.34	0,980	0,201	1,818
18. 0	102.43	0,976	0,220	1,891
5	103.50	0,971	0,239	1,962
10	104.55	0,966	0,258	2,030
15	105,59	0,961	0,276	2,096
20	107. 2	0,956	0,293	2,162
25	108. 3	0,951	0,310	2,223
30	109. 3	0,945	0,326	2,281
35	110. 1	0,940	0,342	2,339
40	110.58	0,934	0,358	2,395
45	111.54	0,928	0,373	2,449
18. 50	+ 112.49	+ 0,922	— 0,388	+ 2,502

7. On aura encore besoin, aux divers instants du passage, de l'ascension droite du méridien de Paris; nous désignerons par σ cette ascension droite; convertie en temps, elle n'est autre chose que l'heure sidérale de Paris. A l'heure t , donnée en temps moyen de Paris, la valeur de σ se calculera par la formule :

$$\sigma = 360^\circ \times \frac{t}{24^h} + L + \Psi \cos \omega,$$

où L_m (*) est la longitude moyenne du Soleil et où Ψ désigne la nutation totale

(*) L'arc désigné par L dans les Tables du Soleil de M. Le Verrier, et dont les valeurs pour 12^h, 16^h et 20^h sont rapportées dans le n° 1, comprend, en outre de la longitude L_m , deux petits termes à longues périodes désignés dans les mêmes Tables par L_2 et L_3 . Au moment du passage de Vénus la somme de ces termes s'élève à —4'',92; on peut donc obtenir les valeurs de L_m pour 12^h, 16^h et 20^h en ajoutant 4'',92 aux valeurs de L du n° 1.

en longitude, c'est-à-dire la somme $\Psi_{\text{C}} + \Psi_{\text{O}}$. On trouve, pour le 8 décembre 1874,

Temps moyen de Paris.	12 ^h	16 ^h	20 ^h
σ	77°33',597	137°43',454	197°53',311

Les valeurs de σ aux époques intermédiaires s'obtiendront par la règle des parties proportionnelles.

On peut maintenant calculer, pour tout instant du passage, les différences $\mathfrak{A} - \sigma$, $\mathfrak{A}' - \sigma$, \mathfrak{A} et \mathfrak{A}' désignant toujours les ascensions droites du Soleil et de Vénus; la Table suivante donne les valeurs de ces différences de dix en dix minutes, à $\frac{1}{100}$ de minute près :

T. moy. de Paris.	$\mathfrak{A} - \sigma$	$\mathfrak{A}' - \sigma$	T. moy. de Paris.	$\mathfrak{A} - \sigma$	$\mathfrak{A}' - \sigma$
13 ^h 40 ^m	+153° 5',62	+153°20',61	16 ^h 30 ^m	+110°36',41	+110°39',48
50	150.35,66	150.49,93	40	108. 6,46	108. 8,51
14. 0	148. 5,71	148.19,26	50	105.36,50	105.37,84
10	145.35,76	145.48,59	17. 0	103. 6,55	103. 7,47
20	143. 5,80	143.17,92	10	100.36,60	100.36,49
30	140.35,85	140.47,25	20	98. 6,65	98. 5,82
40	138. 5,90	138.16,57	30	95.36,69	95.35,15
50	135.35,94	135.45,90	40	93. 6,74	93. 4,48
15. 0	133. 5,99	133.15,23	50	90.36,79	90.33,81
10	130.36,04	130.44,56	18. 0	88. 6,83	88. 3,14
20	128. 6,08	128.13,89	10	85.36,88	85.32,46
30	125.36,13	125.43,21	20	83. 6,93	83. 1,79
40	123. 6,18	123.12,54	30	80.36,97	80.31,12
50	120.36,22	120.41,87	40	78. 7,02	78. 0,45
16. 0	118. 6,27	118.11,20	50	75.37,07	75.29,78
10	115.36,32	115.40,53	19. 0	+73. 7,11	+72.59,11
16. 20	+113. 6,36	+113. 9,85			

8. Cela posé, faisons, comme dans la Note déjà citée sur le passage de 1882,

$$\begin{aligned}
 a &= \sin (\mathfrak{A} - \sigma) \cos \vartheta + \sin \mathcal{O} \cos (\mathfrak{A} - \sigma) \sin \vartheta, \\
 b &= -\cos (\mathfrak{A} - \sigma) \cos \vartheta + \sin \mathcal{O} \sin (\mathfrak{A} - \sigma) \sin \vartheta, \\
 c &= -\cos \mathcal{O} \sin \vartheta,
 \end{aligned}$$

$$W = \frac{1}{\Delta'} - \frac{1}{\Delta},$$

et posons de plus

$$A = Wa, \quad B = Wb, \quad C = Wc.$$

On pourra, à l'aide des données qui précèdent, calculer A, B, C pour tel

instant qu'on voudra du passage. La Table suivante donne, de cinq en cinq minutes, les logarithmes de ces trois nombres. (Les signes placés devant les logarithmes sont ceux des nombres.)

T. moy. de Paris.				T. moy. de Paris.			
	log A	log B	log C		log A	log B	log C
13 ^h 45 ^m	+0,2071	+0,2039	-0,1997	16 ^h 20 ^m	+0,0022	-1,8489	-0,3945
50	0,2158	0,1853	0,2085	25	1,9678	1,8800	0,3969
55	0,2237	0,1656	0,2171	30	1,9299	1,9070	0,3991
14. 0	0,2306	0,1442	0,2256	35	1,8872	1,9305	0,4010
5	0,2368	0,1214	0,2340	40	1,8387	1,9512	0,4027
10	0,2420	0,0965	0,2424	45	1,7833	1,9689	0,4040
15	0,2466	0,0699	0,2505	50	1,7181	1,9843	0,4050
20	0,2501	0,0408	0,2586	55	1,6408	1,9975	0,4058
25	0,2529	0,0090	0,2666	17. 0	1,5464	0,0084	0,4063
30	0,2548	1,9741	0,2745	5	1,4244	0,0175	0,4066
35	0,2559	1,9360	0,2821	10	1,2536	0,0248	0,4067
40	0,2562	1,8935	0,2897	15	2,9689	0,0305	0,4065
45	0,2554	1,8462	0,2970	20	+3,8564	0,0342	0,4061
50	0,2537	1,7926	0,3042	25	-2,8907	0,0365	0,4055
55	0,2512	1,7308	0,3113	30	1,2108	0,0374	0,4046
15. 0	0,2474	1,6592	0,3181	35	1,3916	0,0366	0,4036
5	0,2431	1,5736	0,3247	40	1,5163	0,0345	0,4024
10	0,2373	1,4667	0,3311	45	1,6121	0,0309	0,4011
15	0,2305	1,3250	0,3373	50	1,6890	0,0259	0,3995
20	0,2226	1,1170	0,3432	55	1,7532	0,0195	0,3978
25	0,2132	+2,7067	0,3489	18. 0	1,8082	0,0115	0,3959
30	0,2028	-2,4445	0,3543	5	1,8560	0,0022	0,3939
35	0,1910	1,0235	0,3596	10	1,8974	1,9912	0,3918
40	0,1777	1,2595	0,3646	15	1,9342	1,9789	0,3896
45	0,1628	1,4077	0,3693	20	1,9674	1,9648	0,3872
50	0,1463	1,5153	0,3738	25	1,9971	1,9490	0,3848
55	0,1279	1,5994	0,3779	30	0,0241	1,9315	0,3823
16. 0	0,1075	1,6673	0,3818	35	0,0482	1,9121	0,3796
5	0,0850	1,7238	0,3854	40	0,0704	1,8905	0,3770
10	0,0602	1,7719	0,3888	45	0,0906	1,8666	0,3742
16. 15	+0,0327	-1,8132	-0,3917	18. 50	+0,1091	-1,8401	-0,3713

9. On aura encore besoin des quantités

$$M = -(\mathcal{A}' - \mathcal{A}) \sin \odot \sin 1'', \quad N = -(\mathcal{D}' - \mathcal{D}) \sin \odot \sin 1'',$$

$$P = \frac{1}{2} (\mathcal{A}' - \mathcal{A}) \sin 2 \odot \sin 1''.$$

La Table ci-après donne, de dix en dix minutes, les logarithmes de ces nombres. (Le signe placé devant le logarithme est toujours celui du nombre.)

T. moy. de Paris.				T. moy. de Paris.			
	log M	log N	log P		log M	log N	log P
13 ^b 40 ^m	+3,228	+3,078	-3,193	16 ^b 30 ^m	+4,495	+3,185	-4,460
50	3,207	3,085	3,172	40	4,364	3,190	4,329
14. 0	3,184	3,092	3,149	50	4,177	3,196	4,142
10	3,160	3,099	3,125	17. 0	+5,841	3,201	-5,806
20	3,135	3,106	3,100	10	-5,068	3,207	+5,033
30	3,109	3,112	3,074	20	5,967	3,212	5,933
40	3,081	3,119	3,046	30	4,240	3,217	4,205
50	3,050	3,125	3,015	40	4,406	3,222	4,371
15. 0	3,018	3,132	4,983	50	4,526	3,227	4,491
10	4,983	3,138	4,948	18. 0	4,620	3,232	4,585
20	4,944	3,144	4,909	10	4,697	3,237	4,662
30	4,902	3,150	4,867	20	4,763	3,242	4,728
40	4,856	3,156	4,821	30	4,820	3,247	4,785
50	4,804	3,162	4,769	40	4,870	3,252	4,835
16. 0	4,745	3,168	4,710	50	4,915	3,256	4,880
10	4,676	3,174	4,641	19. 0	-4,956	+3,261	+4,920
20	+4,595	+3,179	-4,560				

10. Il s'agit à présent de calculer les circonstances du phénomène pour un observateur situé à la surface de la Terre dans chacune des stations où le passage a été réellement observé. C'est ce que l'on va faire, en admettant pour la parallaxe solaire moyenne la valeur provisoire 8'', 86.

Appelons L la longitude du lieu de l'observation exprimée en arc et regardée comme positive à l'est du méridien de Paris, comme négative à l'ouest. Soient Λ et Γ les angles que la verticale du lieu et le rayon terrestre qui y aboutit font avec le plan de l'équateur, en d'autres termes, la latitude astronomique et la latitude géocentrique. Soit enfin η le rapport du rayon terrestre aboutissant à l'observateur au rayon terrestre équatorial. En supposant l'observateur peu élevé au-dessus du niveau de la mer et adoptant la valeur $\frac{1}{299}$ de l'aplatissement de la Terre, on aura

$$\Gamma = \Lambda - 689'', 9 \sin 2\Lambda, \quad \eta = 1 - \frac{1}{299} \sin^2 \Lambda.$$

Convenons maintenant d'indiquer par des lettres affectées de l'indice p ce que deviennent, par suite de la parallaxe, les quantités qui sont désignées par les mêmes lettres sans indice pour l'observateur supposé au centre de la Terre. Ainsi α_p, α'_p seront les ascensions droites du Soleil et de Vénus affectées de la parallaxe; ω_p et ω'_p seront les déclinaisons des mêmes astres, également affectées de la parallaxe; Δ_p et Δ'_p seront les distances des centres de ces deux corps célestes à l'observateur situé sur la Terre, enfin X_p, Y_p seront, pour ce

même observateur, les coordonnées sur le plan tangent à la sphère céleste du centre de Vénus par rapport au centre du Soleil. Si l'on pose (*)

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_p &= \mathfrak{A} + \alpha, & \mathfrak{D}_p &= \mathfrak{D} + \beta, & \Delta_p &= \Delta + \delta, \\ \mathfrak{A}'_p &= \mathfrak{A}' + \alpha', & \mathfrak{D}'_p &= \mathfrak{D}' + \beta', & \Delta'_p &= \Delta' + \delta', \end{aligned}$$

on aura, pour calculer α , β , δ , α' , β' , δ' à un instant quelconque du passage, les formules :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\Pi\eta \cos \Gamma}{\Delta} \sec \mathfrak{D} \sin (\mathfrak{A} - \sigma - L), \\ \beta &= \frac{\Pi\eta \cos \Gamma}{\Delta} \sin \mathfrak{D} \cos (\mathfrak{A} - \sigma - L) - \frac{\Pi\eta \sin \Gamma}{\Delta} \cos \mathfrak{D}, \\ \delta &= -\Pi\eta \sin 1'' \cos \Gamma \cos \mathfrak{D} \cos (\mathfrak{A} - \sigma - L) - \Pi\eta \sin 1'' \sin \Gamma \sin \mathfrak{D}, \\ \alpha' &= \frac{\Pi\eta \cos \Gamma}{\Delta'} \sec \mathfrak{D}' \sin (\mathfrak{A}' - \sigma - L), \\ \beta' &= \frac{\Pi\eta \cos \Gamma}{\Delta'} \sin \mathfrak{D}' \cos (\mathfrak{A}' - \sigma - L) - \frac{\Pi\eta \sin \Gamma}{\Delta'} \cos \mathfrak{D}', \\ \delta' &= -\Pi\eta \sin 1'' \cos \Gamma \cos \mathfrak{D}' \cos (\mathfrak{A}' - \sigma - L) - \Pi\eta \sin 1'' \sin \Gamma \sin \mathfrak{D}', \end{aligned}$$

où Π désigne la parallaxe moyenne provisoire $8'',86$. Observons que, pendant la durée du passage, on a sensiblement $\delta' = \delta$, et qu'ainsi l'on peut se borner à calculer une seule de ces deux quantités.

Ayant calculé α , β , α' , β' pour une heure déterminée t , on aura les valeurs correspondantes de X_p et de Y_p par les équations

$$X_p = X + (\alpha' - \alpha) \cos \mathfrak{D} + M\beta' + N(\alpha' - \alpha), \quad Y_p = Y + \beta' - \beta + P(\alpha' - \alpha),$$

où les lettres M , N , P , ont la même signification qu'au n° 9.

11. A l'aide de ces formules, on a calculé les valeurs de X_p et de Y_p de dix en dix minutes pour les quatre stations dans lesquelles les observateurs français ont obtenu des épreuves photographiques. On a admis, pour les longitudes et les latitudes de ces stations, les valeurs provisoires qui figurent en tête des tableaux ci-dessous; on a compris dans ces mêmes tableaux les valeurs de δ , qui sont aussi celles de δ' et que, pour faciliter l'écriture, on a multipliées par 10^6 . La lettre t désigne toujours l'heure en temps moyen de Paris.

(*) Les lettres α , α' , β , β' reçoivent ici, comme on voit, une signification différente de celle qui leur avait été attribuée ci-dessus (nos 1 et 3).

PÉKIN.

$$L = +114^{\circ}8',50, \quad \Delta = +39^{\circ}54',22.$$

t	X_p	Y_p	$10^6 \delta$
13 ^h 50 ^m	+ 801,53	+ 626,57	- 13
14. 0	761,07	636,88	14
10	720,59	647,22	15
20	680,07	657,55	16
30	639,56	667,90	16
40	599,02	678,24	17
50	558,47	688,61	17
15. 0	517,90	698,97	18
10	477,32	709,35	18
20	436,72	719,75	19
30	396,12	730,14	19
40	355,50	740,55	19
50	314,88	750,96	19
16. 0	274,25	761,38	19
10	233,63	771,82	19
20	192,99	782,26	19
30	152,35	792,72	19
40	111,73	803,17	19
50	71,10	813,64	19
17. 0	+ 30,48	824,12	19
10	- 10,17	834,62	19
20	50,77	845,12	18
30	91,36	855,62	18
40	131,95	866,13	17
50	172,53	876,67	17
18. 0	213,11	887,20	16
10	253,67	897,75	16
20	294,18	908,29	15
30	334,70	918,85	14
40	375,21	929,42	14
18. 50	- 415,68	+ 939,99	- 13

NAGASAKI.

$$L = +127^{\circ}31',82, \quad \Delta = +32^{\circ}44',47.$$

t	X_p	Y_p	$10^6 \delta$
13 ^h 50 ^m	+ 798,47	+ 627,38	- 22
14. 0	757,83	637,75	22
10	719,19	648,14	23
20	676,52	658,53	23
30	635,87	668,94	23
40	595,18	679,36	24
50	554,49	689,79	24
15. 0	513,79	700,22	24
10	473,09	710,67	24
20	432,40	721,13	24
30	391,69	731,60	24
40	350,98	742,08	24
50	310,28	752,58	24
16. 0	269,57	763,07	24
10	228,88	773,58	24
20	188,19	784,09	23
30	147,51	794,63	23
40	106,83	805,18	22
50	66,19	815,73	22
17. 0	+ 25,55	826,30	21
10	- 15,10	836,87	21
20	55,70	847,44	20
30	96,28	858,03	19
40	136,85	868,63	18
50	177,41	879,25	18
18. 0	217,94	889,85	17
10	258,45	900,48	16
20	298,93	911,11	15
30	339,38	921,75	14
18. 40	- 379,81	+ 932,39	- 13

NOUMÉA.

ILE SAINT-PAUL.

$L = +164^{\circ}6',88$, $\Lambda = -22^{\circ}16',23$.

$L = +75^{\circ}14',00$, $\Lambda = -38^{\circ}43',00$.

t	X_p	Y_p	$10^6\delta$	t	X_p	Y_p	$10^6\delta$
13 ^h 50 ^m	+ 785,13	+ 646,89	- 42	14 ^h 0 ^m	+ 768,86	+ 669,27	- 19
14. 0	744,37	657,49	41	10	728,81	679,47	20
10	703,63	668,10	41	20	688,71	689,68	22
20	662,89	678,73	40	30	648,59	699,87	23
30	622,20	689,36	40	40	608,42	710,05	24
40	581,48	700,00	39	50	568,23	720,26	25
50	540,79	710,66	38	15. 0	528,00	730,46	26
15. 0	500,13	721,33	37	10	487,74	740,67	28
10	459,48	732,00	37	20	447,47	750,89	29
20	418,87	742,69	36	30	407,14	761,09	30
30	378,27	753,39	35	40	366,78	771,31	31
40	337,69	764,09	34	50	326,40	781,54	32
50	297,16	774,81	33	16. 0	285,99	791,76	33
16. 0	256,63	785,53	31	10	245,56	802,00	34
10	216,15	796,26	30	20	205,10	812,24	34
20	175,69	806,99	29	30	164,61	822,49	35
30	135,27	817,73	28	40	124,11	832,74	36
40	94,89	828,47	27	50	83,57	843,00	37
50	54,55	839,22	25	17. 0	43,02	853,28	37
17. 0	+ 14,23	849,98	24	10	+ 2,45	863,55	38
10	- 26,06	860,73	22	20	- 38,13	873,84	39
20	66,28	871,51	21	30	78,73	884,14	39
30	106,49	882,27	19	40	119,33	894,45	39
40	146,65	893,03	18	50	159,95	904,76	40
50	186,76	903,81	16	18. 0	200,59	915,09	40
18. 0	226,85	914,57	15	10	241,23	925,42	40
10	266,88	925,34	13	20	281,90	935,76	41
20	306,90	936,11	12	30	322,56	946,11	41
18. 30	- 346,85	+ 946,88	- 10	18. 40	- 363,22	+ 956,48	- 41

Les contacts ayant encore été observés par des astronomes français à Saïgon et à Kobé, nous rapporterons aussi, pour ces deux localités, les valeurs calculées de X_p , Y_p , δ à des heures voisines de celles des observations :

SAIGON.

KOBÉ.

$$L = +104^{\circ}21',00, \quad \Lambda = +10^{\circ}46',67.$$

$$L = +132^{\circ}54',00, \quad \Lambda = +34^{\circ}42',00.$$

t	X_p	Y_p	$10^6 \delta$	t	X_p	Y	$10^6 \delta$
13 ^h 56 ^m	+783,47	+642,36	-25	14 ^h 10 ^m	+715,23	+647,46	-23
58	775,36	644,41	25	20	674,56	657,89	23
14. 0	767,24	646,45	25	30	633,88	668,33	23
14. 24	+669,85	+671,01	-28	18. 0	-219,05	+889,82	-14
26	661,71	673,06	28	10	259,48	900,47	13
28	653,59	675,11	28	18. 20	-299,88	+911,12	-12
18. 10	-252,41	+905,60	-34				
12	260,56	907,71	34				
14	268,75	909,82	34				
18. 38	-366,66	+935,12	-32				
40	374,81	937,24	32				
18. 42	-382,97	-939,35	-32				

12. Des valeurs de X_p , Y_p , δ calculées de dix en dix minutes, on déduit les valeurs de ces quantités à des époques intermédiaires en regardant dans chaque intervalle les variations de ces quantités comme proportionnelles au temps. Si maintenant on pose

$$X_p = D_p \cos \vartheta_p, \quad Y_p = D_p \sin \vartheta_p,$$

en sorte que D_p soit, pour l'observateur situé à la surface de la Terre, la distance angulaire des centres des deux astres et ϑ_p l'angle de position de Vénus sur le Soleil, on reconnaît aisément que, si l'on a calculé D_p et ϑ_p de deux en deux minutes, les valeurs de D_p ainsi obtenues peuvent s'interpoler par la règle des parties proportionnelles. Voici les résultats de ce calcul pour les stations déjà mentionnées. On s'est borné aux intervalles de temps dans lesquels des photographies ont été réellement obtenues, ou qui comprennent des contacts observés. Les longitudes et les latitudes admises pour les diverses localités sont toujours celles qui ont été inscrites en tête des tableaux précédents (*).

(*) Par suite de l'accumulation des erreurs dues à l'emploi des Tables de logarithmes, quelques-unes des valeurs de D_p , inscrites dans les tableaux qui suivent, peuvent être entachées d'erreurs s'élevant à $\frac{2}{1000}$ de seconde : c'est la raison pour laquelle les différences de ces nombres ne marchent pas avec une régularité parfaite. Ces erreurs sont d'ailleurs sans importance, car elles n'influent pas d'une manière appréciable sur les circonstances du passage de Vénus.

Par un motif semblable, on ne doit pas compter sur le chiffre des centièmes de minute dans les valeurs de ϑ_p .

PÉKIN.

t	D_p	∂_p	t	D_p	∂_p
13 ^h 52 ^m	1012,28	+ 38° 23',38	17 ^h 48 ^m	889,88	+ 100° 38',81
54	1007,23	38.46,03	50	893,50	101. 8,02
56	1002,26	39. 8,95	52	897,16	101.36,98
58	997,31	39.32,04	54	900,88	102. 5,68
14. 0	992,38	39.55,42	56	904,70	102.34,18
2	987,53	40.19,04	58	908,52	103. 2,39
4	982,72	40.42,84	18. 0	912,43	103.30,41
6	977,96	41. 6,92	2	916,40	103.58,15
8	973,26	41.31,23	4	920,45	104.25,63
10	968,58	41.55,80	6	924,55	104.52,92
12	963,94	42.20,60	8	928,68	105.19,94
14	959,38	42.45,60	10	932,90	105.46,69
16	954,86	43.10,84	12	937,15	106.13,19
18	950,38	43.36,40	14	941,50	106.39,41
20	945,98	44. 2,15	16	945,86	107. 5,47
22	941,60	44.28,12	18	950,25	107.31,27
24	937,30	44.54,35	20	954,75	107.56,77
26	933,06	45.20,81	22	959,28	108.22,07
28	928,86	45.47,52	24	963,88	108.47,15
30	924,72	46.14,50	26	968,50	109.11,95
32	920,64	46.41,69	28	973,20	109.36,55
34	916,62	47. 9,15	30	977,92	110. 0,87
36	912,64	47.36,80	32	982,70	110.24,97
38	908,74	48. 4,80	34	987,53	110.48,82
40	904,90	48.32,92	36	992,40	111.12,45
			38	997,33	111.35,89
17. 40	876,14	98.39,72	40	1002,28	111.59,03
42	879,46	99. 9,86	42	1007,33	112.21,97
44	882,88	99.39,72	44	1012,35	112.44,63
17. 46	886,36	+ 100. 9,40	18. 46	1017,50	+ 113. 7,11

NAGASAKI.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
13 ^h 50 ^m	1015,48	+ 38° 9',46	15 ^h 10 ^m	853,74	+ 56° 20',93
52	1010,38	38.32,15	12	851,00	56.52,96
54	1005,33	38.54,92	14	848,34	57.25,21
56	1000,35	39.18,08	16	845,78	57.57,64
58	995,38	39.41,38	18	843,26	58.30,29
14. 0	990,48	40. 4,92	20	840,86	59. 3,14
2	985,63	40.28,72	22	838,48	59.36,17
4	980,80	40.52,81	24	836,20	60. 9,41
6	976,05	41.17,04	26	834,00	60.42,83
8	971,34	41.41,52	28	831,92	61.16,47
10	966,65	42. 6,31	30	829,85	61.50,16
12	962,05	42.31,24	32	827,92	62.24,06
14	957,48	42.56,54	34	826,02	62.58,13
16	952,98	43.21,96	36	824,23	63.32,39
18	948,53	43.47,72	38	822,52	64. 6,73
20	944,10	44.13,69	40	820,90	64.41,24
22	939,76	44.39,88	42	819,37	65.15,88
24	935,48	45. 6,28	44	817,90	65.50,64
26	931,24	45.33,04	46	816,52	66.25,57
28	927,06	45.59,96	48	815,23	67. 0,57
30	922,96	46.27,12	50	814,03	67.35,67
32	918,86	46.54,54	52	812,92	68.10,86
34	914,88	47.22,28	54	811,88	68.46,16
36	910,92	47.50,12	56	810,92	69.21,58
38	907,02	48.18,32	58	810,04	69.57,03
40	903,20	48.46,72	16. 0	809,28	70.32,59
42	899,46	49.15,40	2	808,60	71. 8,20
44	895,74	49.44,31	4	808,02	71.43,86
46	892,10	50.13,38	6	807,50	72.19,55
48	888,52	50.42,76	8	807,08	72.55,29
50	885,00	51.12,35	10	806,75	73.31,09
52	881,58	51.42,19	12	806,48	74. 6,90
54	878,22	52.12,27	14	806,32	74.42,74
56	874,90	52.42,54	16	806,23	75.18,53
58	871,66	53.13,08	18	806,27	75.54,37
15. 0	868,48	53.43,85	20	806,36	76.30,22
2	865,40	54.14,81	22	806,55	77. 6,05
4	862,38	54.46,04	24	806,84	77.41,83
6	859,40	55.17,41	26	807,22	78.17,62
15. 8	856,56	+ 55.49,04	16. 28	807,66	+ 78.53,31

NAGASAKI.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
16 ^b 30 ^m	808,22	+ 79°29',03	17 ^b 38 ^m	876,04	+ 98°27',05
32	808,84	80. 4,66	40	879,34	98.57,20
34	809,58	80.40,24	42	882,74	99.27,10
36	810,34	81.15,75	44	886,20	99.56,79
38	811,28	81.51,17	46	889,74	100.26,27
40	812,23	82.26,54	48	893,32	100.55,47
42	813,30	83. 1,77	50	896,98	101.24,45
44	814,44	83.36.92	52	900,70	101.53,19
46	815,70	84.11,92	54	904,48	102.21,66
48	817,00	84.46,84	56	908,32	102.49,92
50	818,40	85.21,67	58	912,22	103.17.91
52	819,90	85.56,36	18. 0	916,16	103.45,71
54	821,47	86.30,92	2	920,18	104.13,23
56	823,13	87. 5,31	4	924,25	104.40,48
58	824,88	87.39,60	6	928,38	105. 7,52
17. 0	826,70	88.13,73	8	932,58	105.34,31
2	828,62	88.47,72	10	936,83	106. 0,87
4	830,60	89.21,55	12	941,15	106.27,15
6	832,64	89.55,21	14	945,50	106.53,16
8	834,80	90.28,70	16	949,90	107.19,00
10	837,00	91. 2,02	18	954,36	107.44,55
12	839,30	91.35,12	20	958,90	108. 9,86
14	841,68	92. 8,03	22	963,50	108.34,93
16	844,15	92.40,76	24	968,10	108.59,73
18	846,66	93.13,29	26	972,78	109.24,32
20	849,28	93.45,63	28	977,48	109.48,68
22	851,94	94.17,77	30	982,28	110.12,77
24	854,74	94.49,66	32	987,05	110.36,67
26	857,56	95.21,37	34	991,93	111. 0,27
28	860,44	95.52,85	36	996,80	111.23,70
30	863,44	96.24,14	38	1001,75	111.46,86
32	866,46	96.55,18	40	1006,80	112. 9,78
34	869,60	97.26,03	42	1011,82	112.32,47
17. 36	872,78	97.56,64	18. 44	1016,93	+ 112.54,97

NOUMÉA.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
13 ^h 50 ^m	1017,30	+ 39°29',16	15 ^h 10 ^m	864,26	+ 57°53',00
52	1012,38	39.52,31	12	861,78	58.25,00
54	1007,50	40.15,69	14	859,38	58.57,11
56	1002,68	40.39,31	16	857,08	59.29,48
58	997,90	41. 3,16	18	854,83	60. 2,00
14. 0	993,18	41.27,23	20	852,66	60.34,62
2	988,50	41.51,52	22	850,58	61. 7,48
4	983,85	42.16,04	24	848,58	61.40,48
6	979,30	42.40,80	26	846,66	62.13,63
8	974,76	43. 5,73	28	844,82	62.46,91
10	970,30	43.30,96	30	843,02	63.20,35
12	965,88	43.56,40	32	841,34	63.53,91
14	961,50	44.22,12	34	839,72	64.27,59
16	957,20	44.48,04	36	838,20	65. 1,45
18	952,93	45.14,16	38	836,76	65.35,38
20	948,75	45.40,60	40	835,40	66. 9,40
22	944,60	46. 7,19	42	834,10	66.43,56
24	940,53	46.34,00	44	832,93	67.17,80
26	936,50	47. 1,04	46	831,80	67.52,08
28	932,52	47.28,32	48	830,78	68.26,49
30	928,62	47.55,88	50	829,85	69. 1,03
32	924,78	48.23,64	52	829,00	69.35,59
34	921,00	48.51,65	54	828,20	70.10,21
36	917,28	49.19,84	56	827,50	70.44,93
38	913,58	49.48,35	58	826,92	71.19,67
40	910,02	50.17,04	16. 0	826,40	71.54,49
42	906,48	50.45,96	2	825,96	72.29,30
44	903,02	51.15,12	4	825,62	73. 4,11
46	899,62	51.44,42	6	825,36	73.38,98
48	896,30	52.14,04	8	825,18	74.13,85
50	893,04	52.43,81	10	825,08	74.48,76
52	889,82	53.13,77	12	825,08	75.25,65
54	886,72	53.44,04	14	825,14	75.58,52
56	883,65	54.14,44	16	825,32	76.33,41
58	880,66	54.45,08	18	825,56	77. 8,24
15. 0	877,76	55.15,93	20	825,90	77.43,07
2	874,92	55.46,89	22	826,30	78.17,81
4	872,14	56.18,15	24	826,84	78.52,58
6	869,42	56.49,57	26	827,40	79.27,23
15. 8	866,80	+ 57.21,19	16. 28	828,08	+ 80. 1,88

NOUMÉA.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
16 ^h 30 ^m	828,84	+ 80°36,43	17 ^h 32 ^m	891,80	+ 97°22,68
32	829,68	81.10,90	34	895,02	97.52,20
34	830,62	81.45,29	36	898,28	98.21,56
36	831,63	82.19,61	38	901,60	98.50,65
38	832,70	82.53,82	40	905,00	99.19,53
40	833,90	83.27,96	42	908,45	99.48,16
42	835,14	84. 1,97	44	911,98	100.16,57
44	836,48	84.35,88	46	915,56	100.44,80
46	837,90	85. 9,63	48	919,20	101.12,76
48	839,42	85.43,31	50	922,92	101.40,49
50	840,98	86.16,86	52	926,66	102. 8,03
52	842,66	86.50,24	54	930,48	102.35,32
54	844,40	87.23,53	56	934,35	103. 2,35
56	846,24	87.56,64	58	938,27	103.29,22
58	848,12	88.29,64	18. 0	942,28	103.55,83
17. 0	850,10	89. 2,45	2	946,32	104.22,18
2	852,16	89.35,11	4	950,43	104.48,28
4	854,28	90. 7,61	6	954,60	105.14,18
6	856,50	90.39,90	8	958,80	105.39,82
8	858,78	91.12,06	10	963,05	106. 5,31
10	861,14	91.44,05	12	967,36	106.30,49
12	863,58	92.15,78	14	971,74	106.55,50
14	866,06	92.47,38	16	976,14	107.20,25
16	868,66	93.18,74	18	980,62	107.44,80
18	871,30	93.49,96	20	985,13	108. 9,09
20	874,04	94.20,94	22	989,70	108.33,14
22	876,82	94.51,74	24	994,30	108.56,95
24	879,68	95.22,34	26	998,96	109.20,55
26	882,62	95.52,77	28	1003,68	109.43,93
28	885,60	96.22,96	18. 30	1008,40	+ 110. 7,10
17. 30	888,66	+ 96.52,93			

ILE SAINT-PAUL.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
14 ^h 0 ^m	1019,35	+ 41° 2',31	15 ^h 20 ^m	874,10	+ 59° 12',50
2	1014,68	41.25,36	22	871,76	59.43,97
4	1010,05	41.48,60	24	869,50	60.15,55
6	1005,45	42.12,04	26	867,32	60.47,37
8	1000,90	42.35,76	28	865,18	61.19,23
10	996,42	42.59,58	30	863,14	61.51,33
12	991,98	43.23,80	32	861,18	62.23,60
14	987,58	43.48,08	34	859,30	62.55,97
16	983,22	44.12,64	36	857,48	63.28,56
18	978,93	44.37,40	38	855,74	64. 1,25
20	974,68	45. 2,40	40	854,08	64.34,03
22	970,46	45.27,64	42	852,50	65. 7,03
24	966,32	45.53,08	44	851,00	65.40,09
26	962,20	46.18,65	46	849,58	66.13,26
28	958,18	46.44,58	48	848,22	66.46,54
30	954,20	47.10,68	50	846,96	67.19,97
32	950,28	47.37,04	52	845,76	67.53,44
34	946,38	48. 3,54	54	844,68	69.27,08
36	942,54	48.30,31	56	843,64	69. 0,82
38	938,78	48.57,27	58	842,70	69.34,54
40	935,06	49.24,48	16. 0	841,84	70. 8,41
42	931,40	49.51,88	2	841,06	70.42,34
44	927,82	50.19,56	4	840,37	71.16,33
46	924,30	50.47,36	6	839,73	71.50,37
48	920,83	51.15,46	8	839,20	72.24,43
50	917,40	51.43,77	10	838,74	72.58,56
52	914,08	52.12,27	12	838,40	73.32,77
54	910,78	52.40,96	14	838,10	74. 6,98
56	907,58	53. 9,93	16	837,90	74.41,22
58	904,40	53.39,00	18	837,78	75.15,45
15. 0	901,32	54. 8,38	20	837,72	75.49,69
2	898,28	54.37,93	22	837,78	76.23,98
4	895,32	55. 7,59	24	837,90	76.58,28
6	892,40	55.37,63	26	838,10	77.32,50
8	889,62	56. 7,78	28	838,44	78. 6,74
10	886,85	56.38,04	30	838,80	78.40,95
12	884,14	57. 8,59	32	839,26	79.15,13
14	881,54	57.39,36	34	839,80	79.49,28
16	878,98	58.10,18	36	840,42	80.23,36
15. 18	876,54	+ 58.41,29	16. 38	841,14	+ 80.57,41

ILE SAINT-PAUL.

t	D_p	∂_p	t	D_p	∂_p
16 ^b 40 ^m	841,94	+ 81°31',38	17 ^b 42 ^m	905,52	+ 98° 5',46
42	842,82	82. 5,34	44	908,76	98.34,81
44	843,76	82.39,22	46	912,04	99. 3.93
46	844,82	83.12,98	48	915,38	99.32,86
48	845,94	83.46,69	50	918,78	100. 1,55
50	847,15	84.20,31	52	922,28	100.29,97
52	848,42	84.53,84	54	925,83	100.58,31
54	849,78	85.27,25	56	929,42	101.26,35
56	851,24	86. 0,56	58	933,08	101.54,21
58	852,74	86.33,75	18. 0	936,83	102.21,82
17. 0	854,36	87. 6,82	2	940,62	102.49,24
2	856,06	87.39,77	4	944,45	103.16,43
4	857,80	88.12,62	6	948,38	103.43,33
6	859,64	88.45,29	8	952,32	104.10,09
8	861,56	89.17,86	10	956,36	104.36,61
10	863,56	89.50,25	12	960,44	105. 2,90
12	865,64	90.22,52	14	964,56	105.29,00
14	867,80	90.54,59	16	968,75	105.54,85
16	870,00	91.26,54	18	973,02	106.20,49
18	872,30	91.58,29	20	977,30	106.45,93
20	874,66	92.29,91	2	981,66	107.11,07
22	877,10	93. 1,36	24	986,05	107.36,02
24	879,63	93.32,62	26	990,52	108. 0,77
26	882,22	94. 3,70	28	995,02	108.25,26
28	884,92	94.34,60	30	999,58	108.49,56
30	887,62	95. 5,31	32	1004,18	109.13,61
32	890,45	95.35,84	34	1008,85	109.37,45
34	893,32	96. 6,17	36	1013,56	110. 1,08
36	896,30	96.36,28	38	1018,33	110.24,46
38	899,30	97. 6,20	18. 40	1023,10	+ 110.47,66
17. 40	902,38	+ 97.35,94			

SAIGON.

t	D_p	∂_p	t	D_p	∂_p
13 ^b 56 ^m	1013,14	+ 39°20',88	18 ^b 10 ^m	940,14	+ 105°34',45
58	1008,20	39.43,81	12	944,36	106. 0,98
14. 0	1003,28	40. 7,00	14	948,70	106.27,38
14. 24	948,14	+ 45. 2,96	18. 38	1004,43	+ 111.24,59
26	943,86	45.29,24	40	1009,40	111.47,81
14. 28	939,66	+ 45.55,72	18. 42	1014,43	+ 112.10.83

KOBÉ.

t	D_p	δ_p	t	D_p	δ_p
14 ^h 18 ^m	946 ^{''} ,63	+43°50',95	18 ^h 10 ^m	937 ^{''} ,10	+106° 4',51
20	942,26	44.17,00	12	941,44	106.30,68
14.22	937,90	+44.43,35	18.14	945,80	+106.56,64

13. Des nombres qui précèdent, il a été facile de conclure les heures calculées des contacts pour les stations considérées. D'abord, si l'on désigne par ρ_p et ρ'_p les demi-diamètres du Soleil et de Vénus affectés de la parallaxe, on a sensiblement

$$\rho_p = \rho - \frac{\rho\delta}{\Delta}, \quad \rho'_p = \rho' - \frac{\rho'\delta'}{\Delta},$$

ou, sans erreur appréciable, au moment du passage de 1874,

$$\rho_p = \rho - 990''\delta, \quad \rho'_p = \rho' - 119''\delta'.$$

Cela posé, voici comment on a calculé, par exemple, l'heure du deuxième contact pour Pékin. Comme à 14^h on a $\rho - \rho' = 943''$, 53, on voit, par le Tableau de D_p pour cette localité (n° 12), que le contact en question y aura lieu vers 14^h20^m. A ce moment on a $10^6\delta = -16$, $10^6\delta' = -16$; il en résulte $\rho_p = 974''$, 97, $\rho'_p = 31''$, 42, d'où

$$\rho_p - \rho'_p = 943''$$
, 55.

L'instant cherché du contact est donc celui pour lequel on a

$$D_p = 943''$$
, 55.

Mais, d'après le Tableau cité, on a, à 14^h20^m, $D_p = 945''$, 98 et, à 14^h22^m, $D_p = 941''$, 60; on en conclut, par la règle des parties proportionnelles, que le contact a lieu à 14^h21^m, 11.

Le même Tableau donnant les valeurs de δ_p à 14^h20^m et à 14^h22^m, savoir +44°2', 15 et +44°28', 12, on en déduit, pour l'angle de position à l'instant du contact, la valeur +44°16', 6.

Pour un contact extérieur, on devrait, au lieu de la différence $\rho_p - \rho'_p$, considérer la somme $\rho_p + \rho'_p$.

C'est en suivant la marche qui vient d'être indiquée qu'on a obtenu les nombres contenus dans le Tableau suivant, où la notation t_p désigne l'heure calculée d'un contact, en temps moyen de Paris :

	1 ^{er} contact.		2 ^o contact.		3 ^e contact.		4 ^e contact.	
	t_p	∂_p	t_p	∂_p	t_p	∂_p	t_p	∂_p
Pékin.	13 ^h 54 ^m , 34	+38° 49', 9	14 ^h 21 ^m , 11	+44° 16', 6	18 ^h 14 ^m , 95	+106° 51', 8	18 ^h 41 ^m , 63	+112° 17', 7
Nagasaki.	13. 53, 58	38. 50, 1	14. 20, 25	44. 17, 0	18. 13, 11	106. 41, 6	18. 39, 84	112. 8, 0
Nouméa.. . . .	13. 54, 45	40. 21, 0	14. 22, 51	46. 14, 0	18. 0, 63	104. 4, 1	18. 29, 15	109. 57, 3
Ile Saint-Paul.	14. 5, 59	42. 7, 2	14. 35, 47	48. 23, 2	18. 3, 55	103. 10, 3	18. 32, 96	109. 25, 1
Saigon.. . . .	13. 58, 74	39. 52, 4	14. 26, 14	45. 31, 1	18. 11, 63	105. 56, 1	18. 38, 80	111. 33, 9
Kobé.			14. 19, 41	44. 9, 3	18. 12, 97	106. 43, 3		

14. Je rappelle maintenant la forme des équations qui répondent, soit aux observations de contact, soit aux mesures de distance des centres prises sur les photographies, équations d'où l'on devra conclure la correction de la valeur provisoire $8''$, 86 de la parallaxe solaire moyenne. Parlons d'abord des observations de contact.

L'observation ayant déterminé l'heure d'un contact en temps moyen du lieu, retranchons-en la longitude L de la station exprimée en temps. Le résultat de cette soustraction est ce que j'appelle l'heure *observée* du contact, en temps moyen de Paris; désignons-la par t_o . Si maintenant t_p désigne, comme dans le numéro précédent, l'heure calculée du même contact, l'équation de condition correspondant à l'observation dont il s'agit est

$$S \delta \Pi + \cos \lambda . \delta X + \sin \lambda . \delta Y - (\delta \rho \pm \delta \rho') - \frac{dD}{dt} \delta L + \frac{dD}{dt} (t_o - t_p) = 0 (*) .$$

Dans cette équation, δL est la correction dont peut avoir besoin la longitude L dont on a fait usage, soit dans le calcul de t_p , soit dans celui de t_o ; cette correction est supposée exprimée en minutes de temps, de même que la différence $t_o - t_p$. La notation $\delta \Pi$ désigne la correction cherchée de la parallaxe moyenne provisoire $8''$, 86; δX , δY , $\delta \rho$, $\delta \rho'$, sont les corrections dont peuvent avoir besoin X et Y par suite des erreurs des Tables, ρ et ρ' par suite de l'inexactitude des valeurs adoptées pour les demi-diamètres des deux astres à la distance 1; ces quatre corrections, qui sont indépendantes de la situation de l'observateur, et qu'on peut regarder comme constantes pendant tout le passage, sont supposées exprimées en secondes d'arc, ainsi que $\delta \Pi$. Les valeurs de $\cos \lambda$, $\sin \lambda$, $\frac{dD}{dt}$ pourront se tirer du Tableau du n° 6, qui donne ces quantités de cinq en cinq minutes; quant au coefficient S , il a pour expression

$$S = A \cos A \cos L + B \cos A \sin L + C \sin A,$$

(*) On doit prendre devant $\delta \rho'$ le signe supérieur ou le signe inférieur, suivant que le contact est extérieur ou intérieur.

où L et Λ désignent toujours la longitude et la latitude de la station et où A , B , C , ont la même signification qu'au n° 8.

Chaque mesure de distance des centres effectuée sur une photographie fournira pareillement une équation de condition. Soit D_o la distance mesurée exprimée en secondes d'arc et corrigée de la réfraction; soit D_p la distance calculée (*voir* les Tableaux du n° 12) pour l'heure t_p de l'observation en temps moyen de Paris, cette dernière étant toujours obtenue en retranchant la longitude L de l'heure de l'observation en temps du lieu; l'équation dont il s'agit sera

$$S \delta \Pi + \cos \delta. \delta X + \sin \delta. \delta Y - \frac{dD}{dt} \delta L + D_p - D_o = 0.$$

On voit que, pour former les équations de condition dans les deux cas dont nous venons de parler, on aura besoin de connaître, pour les diverses stations et à des heures données en temps moyen de Paris, les valeurs de la quantité S ; les Tableaux suivants permettront de la calculer aisément pour les stations françaises, soit aux moments des contacts, soit aux instants auxquels des épreuves photographiques auront été obtenues.

Table des valeurs de S pour les stations françaises.

Temps moyen de Paris.	Pékin.	Nagasaki.	Nouméa.	Ile St-Paul.	Saïgon.	Kobé.
13 ^h 45 ^m	—0,402	—0,615	—0,429	+2,518		
50	0,480	0,694	0,462	2,494		
55	0,558	0,773	0,493	2,469	+0,678	
14. 0	0,636	0,850	0,524	2,442	0,598	
5	0,715	0,929	0,552	2,413	0,517	
10	0,795	1,007	0,576	2,382		
15	0,874	1,083	0,597	2,350		—1,294
20	0,952	1,159	0,618	2,317	+0,273	1,367
25	1,032	1,235	0,634	2,281	0,189	1,439
30	1,111	1,310	0,649	2,246	0,106	
35	1,190	1,384	0,659	2,207		
40	1,268	1,456	0,669	2,168		
45	1,346	1,527	0,673	2,127		
50	1,421	1,595	0,676	2,085		
55	1,497	1,663	0,675	2,042		
15. 0	1,571	1,727	0,669	1,997		
5	1,642	1,789	0,663	1,952		
10	1,712	1,849	0,651	1,905		
15	1,780	1,906	0,636	1,857		
20	1,846	1,961	0,618	1,809		
15.25	—1,909	—2,011	—0,595	+1,759		

Table des valeurs de S pour les stations françaises (suite).

Temps moyen de Paris.	Pékin.	Nagasaki.	Nouméa.	Ile St-Paul.	Saïgon.	Kobé.
15 ^h 30 ^m	-1,970	-2,059.	-0,570	+1,710		
35	2,029	2,103	0,542	1,660		
40	2,084	2,144	0,509	1,610		
45	2,137	2,182	0,473	1,560		
50	2,185	2,216	0,433	1,510		
55	2,230	2,244	0,391	1,460		
16. 0	2,272	2,269	0,345	1,411		
5	2,311	2,290	0,296	1,362		
10	2,344	2,308	0,244	1,313		
15	2,374	2,319	0,191	1,265		
20	2,400	2,328	0,134	1,218		
25	2,422	2,331	0,073	1,173		
30	2,440	2,331	-0,011	1,128		
35	2,454	2,324	+0,052	1,085		
40	2,464	2,316	0,118	1,044		
45	2,469	2,303	0,185	1,005		
50	2,469	2,285	0,254	0,966		
55	2,466	2,264	0,324	0,929		
17. 0	2,459	2,238	0,395	0,895		
5	2,448	2,210	0,467	0,863		
10	2,434	2,177	0,539	0,833		
15	2,416	2,143	0,611	0,805		
20	2,394	2,104	0,685	0,778		
25	2,370	2,062	0,757	0,755		
30	2,340	2,017	0,831	0,734		
35	2,310	1,970	0,903	0,714		
40	2,275	1,921	0,975	0,698		
45	2,239	1,868	1,046	0,684		
50	2,200	1,815	1,117	0,671		
55	2,157	1,760	1,186	0,661		
18. 0	2,113	1,702	1,255	0,653		
5	2,068	1,643	1,323	0,648	-1,244	
10	2,019	1,583	1,389	0,646	1,201	-1,551
15	1,970	1,521	1,453	0,644	1,156	1,489
20	1,920	1,459	1,516	0,646		-1,425
25	1,867	1,396	1,578	0,648		
30	1,813	1,332	1,639	0,655		
35	1,758	1,268	1,696	0,661	-0,953	
40	1,704	1,203	1,753	0,670	0,899	
45	1,647	1,140	1,807	0,681	-0,843	
18.50	-1,591	-1,075	+1,861	+0,693		

15. Les mesures prises sur les épreuves photographiques obtenues pendant le passage sont affectées de la réfraction et il pourra être nécessaire de les en corriger. Nommons y la hauteur vraie du Soleil au-dessus de l'horizon du lieu au moment où une épreuve a été prise et φ l'angle que le rayon du disque solaire dirigé vers le centre de Vénus faisait, à cet instant, avec le rayon horizontal de ce même disque mené dans le sens des mouvements directs. Proposons-nous d'abord de calculer ces deux angles.

Si l'on nomme, comme précédemment, \mathfrak{A}_p et \mathfrak{Q}_p l'ascension droite et la déclinaison du Soleil affectées de la parallaxe, qu'on appelle toujours σ l'ascension droite du méridien de Paris, et qu'enfin l'on désigne par θ l'angle compris entre les arcs de grand cercle qui joignent le centre du Soleil au zénith du lieu et au pôle nord du ciel, on a pour déterminer y et θ les équations

$$\begin{aligned}\sin y &= \sin \Lambda \sin \mathfrak{Q}_p + \cos \Lambda \cos \mathfrak{Q}_p \cos (\mathfrak{A}_p - \sigma - L), \\ \cos y \cos \theta &= \sin \Lambda \cos \mathfrak{Q}_p - \cos \Lambda \sin \mathfrak{Q}_p \cos (\mathfrak{A}_p - \sigma - L), \\ \cos y \sin \theta &= \cos \Lambda \sin (\mathfrak{A}_p - \sigma - L); \end{aligned}$$

quant à l'angle φ , il est donné par la formule

$$\varphi = \mathfrak{d}_p - \theta,$$

où \mathfrak{d}_p est, comme ci-dessus, l'angle de position du centre de Vénus compté à partir du rayon solaire parallèle à l'équateur et dirigé vers l'est. Lorsqu'on a seulement en vue de corriger de la réfraction les mesures prises sur les photographies, on peut, dans les équations précédentes, négliger la parallaxe et les remplacer par celles-ci :

$$\begin{aligned}\sin y &= \sin \Lambda \sin \mathfrak{Q} + \cos \Lambda \cos \mathfrak{Q} \cos (\mathfrak{A} - \sigma - L), \\ \cos y \cos \theta &= \sin \Lambda \cos \mathfrak{Q} - \cos \Lambda \sin \mathfrak{Q} \cos (\mathfrak{A} - \sigma - L), \\ \cos y \sin \theta &= \cos \Lambda \sin (\mathfrak{A} - \sigma - L), \quad \varphi = \mathfrak{d} - \theta. \end{aligned}$$

Enfin on peut rendre ces dernières formules plus aisément calculables par logarithmes à l'aide d'un angle auxiliaire et leur substituer les suivantes :

$$\begin{aligned}Q \cos q &= \sin \Lambda, & Q \sin q &= \cos \Lambda \cos (\mathfrak{A} - \sigma - L), & \sin y &= Q \sin (\mathfrak{Q} + q), \\ \cos y \cos \theta &= Q \cos (\mathfrak{Q} + q), & \cos y \sin \theta &= \cos \Lambda \sin (\mathfrak{A} - \sigma - L), & \varphi &= \mathfrak{d} - \theta, \end{aligned}$$

dont les deux premières font connaître Q et q , les trois suivantes y et θ , et la dernière φ . C'est ainsi qu'on a calculé de dix en dix minutes, et pour les quatre stations de Pékin, de Nagasaki, de Nouméa et de l'île Saint-Paul, les valeurs des angles y et φ inscrites dans le Tableau suivant :

Temps moyen de Paris.	PÉKIN.		NAGASAKI.		NOUMÉA.		ILE SAINT-PAUL.	
	<i>y</i>	<i>φ</i>	<i>y</i>	<i>φ</i>	<i>y</i>	<i>φ</i>	<i>y</i>	<i>φ</i>
13 ^h 50 ^m	+18,67	+10,54	+30,24	+16,88	+77,51	-230,56		
14. 0	19,75	14,13	31,08	21,03	75,20	227,77	+27,02	-81,97
10	20,77	17,87	31,84	25,34	72,90	224,99	28,96	79,65
20	21,72	21,74	32,49	29,79	70,60	222,19	30,89	77,31
30	22,61	25,78	33,06	34,39	68,29	219,32	32,84	74,91
40	23,42	29,94	33,54	39,12	66,00	216,41	34,77	72,49
50	24,17	34,23	33,91	43,97	63,69	213,43	36,73	70,05
15. 0	24,84	38,67	34,19	48,94	61,41	210,37	38,69	67,57
10	25,43	43,21	34,37	54,01	59,11	207,25	40,64	65,09
20	25,94	47,87	34,44	59,17	56,82	204,07	42,60	62,60
30	26,38	52,63	34,41	64,40	54,53	200,79	44,54	60,12
40	26,72	57,49	34,28	69,69	52,24	197,45	46,47	57,66
50	26,98	62,40	34,06	74,99	49,97	194,09	48,40	55,28
16. 0	27,17	67,36	33,72	80,31	47,69	190,67	50,33	52,98
10	27,25	72,37	33,28	85,63	45,41	187,23	52,23	50,76
20	27,27	77,37	32,75	90,91	43,13	183,77	54,13	48,71
30	27,20	82,38	32,15	96,14	40,86	180,32	56,01	46,80
40	27,02	87,34	31,43	101,28	38,60	176,88	57,84	45,14
50	26,78	92,27	30,64	106,35	36,35	173,46	59,66	43,70
17. 0	26,45	97,13	29,75	111,30	34,09	170,09	61,43	42,58
10	26,03	101,91	28,79	116,15	31,84	166,74	63,17	41,81
20	25,52	106,59	27,74	120,84	29,60	163,47	64,84	41,46
30	24,94	111,15	26,64	125,40	27,36	160,24	66,45	41,59
40	24,29	115,61	25,45	129,80	25,13	157,09	67,98	42,28
50	23,53	119,92	24,20	134,04	22,91	154,01	69,40	43,57
18. 0	22,73	124,11	22,90	138,14	20,70	151,00	70,68	45,56
10	21,86	128,17	21,53	142,08	18,49	148,05	71,81	48,31
20	20,92	132,08	20,12	145,85	16,29	145,19	72,75	51,82
30	19,90	135,83	18,64	149,46	+14,10	-142,39	73,46	56,04
40	18,84	139,44	+17,13	+152,92			+73,93	-60,88
18. 50	+17,71	+142,93						

16. Soit maintenant h la hauteur vraie d'un astre au-dessus de l'horizon, et r_0 la réfraction correspondante, en sorte que $h + r_0$ soit la hauteur apparente. Si l'on nomme r la réfraction correspondant à une hauteur vraie $h + z$ peu différente de h , on pourra développer r en série suivant les puissances de z et poser

$$r = r_0 + az + bz^2 + cz^3 + \dots,$$

a, b, c, \dots étant des fonctions de h et en outre de la hauteur du baromètre et

de la température de l'air. Pour obtenir les valeurs numériques des coefficients a , b , c , ..., on a dressé, à l'aide de la formule de Laplace, la Table de réfraction suivante, dans laquelle l'argument est la hauteur vraie h de l'astre et qui se rapporte à la température $+10^\circ$ et à la hauteur 0^m , 76 du baromètre :

h	r	h	r	h	r	h	r
10°	315,84	30°	100,72	50°	48,95	70°	21,25
11	288,97	31	96,81	51	47,25	71	20,10
12	265,99	32	93,12	52	45,59	72	18,97
13	246,12	33	89,63	53	43,97	73	17,86
14	228,81	34	86,31	54	42,40	74	16,75
15	213,58	35	83,16	55	40,86	75	15,65
16	200,10	36	80,17	56	39,37	76	14,56
17	188,08	37	77,30	57	37,90	77	13,48
18	177,28	38	74,58	58	36,48	78	12,41
19	167,55	39	71,97	59	35,07	79	11,36
20	158,70	40	69,46	60	33,70	80	10,30
21	150,65	41	67,05	61	32,36	81	9,25
22	143,27	42	64,75	62	31,04	82	8,21
23	136,49	43	62,52	63	29,74	83	7,17
24	130,22	44	60,39	64	28,48	84	6,14
25	124,41	45	58,32	65	27,23	85	5,11
26	119,01	46	56,33	66	25,99	86	4,09
27	113,99	47	54,40	67	24,78	87	3,06
28	109,28	48	52,53	68	23,59	88	2,04
29	104,87	49	50,72	69	22,42	89	1,02

De cette Table il est aisé de déduire les valeurs des coefficients a , b , ... correspondant aux diverses valeurs de h . En supposant que le petit accroissement de h désigné par z soit exprimé en secondes, on forme sans peine la Table suivante, dans laquelle on a multiplié les valeurs de a par 10^5 et celles de b par 10^8 :

h	$10^5 a$	$10^8 b$	h	$10^5 a$	$10^8 b$	h	$10^5 a$	$10^8 b$	h	$10^5 a$	$10^8 b$
10° 0'	-808	+18	15° 10'	-389	+7	31°	-106	+1	62°	-37	0
10	786	17	20	381	6	32	99	1	63	36	0
20	765	17	30	373	6	33	94	1	64	35	0
30	744	16	40	366	6	34	90	1	65	35	0
40	724	15	50	359	5	35	85	1	66	34	0
50	705	15	16. 0	352	5	36	82	0	67	33	0
11. 0	687	14	10	346	5	37	77	0	68	33	0
10	670	14	20	340	5	38	74	0	69	33	0
20	654	13	30	334	5	39	71	0	70	32	0
30	638	13	40	329	5	40	69	0	71	32	0
40	622	13	50	323	5	41	65	0	72	31	0
50	607	12	17. 0	317	5	42	63	0	73	31	0
12. 0	592	12	10	311	5	43	61	0	74	31	0
10	578	12	20	305	5	44	59	0	75	31	0
20	564	11	30	299	4	45	56	0	76	30	0
30	550	11	40	293	4	46	54	0	77	30	0
40	538	10	50	288	4	47	53	0	78	29	0
50	525	10	18. 0	-283	+4	48	51	0	79	29	0
13. 0	513	9				49	50	0	80	29	0
10	502	9	19	-258	+4	50	48	0	81	29	0
20	491	9	20	234	3	51	47	0	82	29	0
30	480	9	21	214	3	52	46	0	83	29	0
40	470	8	22	196	2	53	44	0	84	29	0
50	460	8	23	181	2	54	44	0	85	29	0
14. 0	450	8	24	168	2	55	42	0	86	28	0
10	441	8	25	156	2	56	42	0	87	28	0
20	431	8	26	144	1	57	40	0	88	28	0
30	422	8	27	135	1	58	40	0	89	-28	8
40	414	7	28	126	1	59	39	0			
50	405	7	29	119	1	60	38	0			
15. 0	-397	+7	30	-112	+1	61	-37	0			

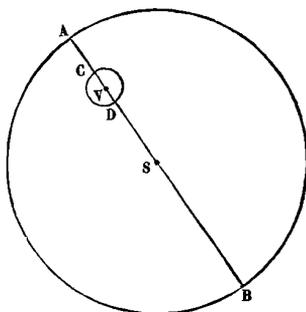
Comme la précédente, cette Table suppose la température égale à +10° et la hauteur du baromètre égale à 0^m, 76; si, au moment où l'épreuve a été obtenue, la température de l'air était T et que la hauteur du baromètre fût H, les valeurs de a et de b, prises dans la Table, devraient être multipliées par le

$$\text{facteur } \frac{1,0367}{1+0,00367 T} \times \frac{H}{0,76}.$$

17. Voyons maintenant quel parti l'on peut tirer des données qui précèdent pour corriger de la réfraction les mesures effectuées sur les épreuves photographiques. Concevons que la figure ci-contre représente les images circu-

lares du Soleil et de Vénus qui se seraient imprimées sur l'épreuve si la réfraction n'eût pas existé; soient S et V les centres de ces deux images, A et B les points où la droite SV coupe le bord du disque solaire, C et D les points où elle coupe les bords du disque de Vénus; les distances $AC = N_1$,

Fig. 1.



$AD = N_2$, $BD = N_3$, $BC = N_4$, seront les longueurs des quatre normales communes aux deux cercles. Les images photographiques réellement obtenues, étant un peu altérées par la réfraction, ne seront plus des cercles, mais elles auront toujours quatre normales communes, qui différeront très-peu respectivement de N_1, N_2, N_3, N_4 .

Je supposerai que les mesures prises sur les photographies fournissent les longueurs de ces normales et je désignerai par N'_1, N'_2, N'_3, N'_4 , les valeurs ainsi trouvées. On en déduira les valeurs N_1, N_2, N_3, N_4 des segments AC, AD, BD, BC par les formules suivantes :

$$\frac{N_1}{N'_1} = 1 - a \sin^2 \varphi + \frac{a^2 \sin^2 \varphi}{2(\rho_p - \rho'_p - N'_1)} [3(\rho_p - \rho'_p) + N'_1 - (\rho_p - \rho'_p + 3N'_1) \sin^2 \varphi] - b(2\rho_p - N'_1) \sin^3 \varphi,$$

$$\frac{N_2}{N'_2} = 1 - a \sin^2 \varphi + \frac{a^2 \sin^2 \varphi}{2(\rho_p + \rho'_p - N'_2)} [3(\rho_p + \rho'_p) + N'_2 - (\rho_p + \rho'_p + 3N'_2) \sin^2 \varphi] - b(2\rho_p - N'_2) \sin^3 \varphi,$$

$$\frac{N_3}{N'_3} = 1 - a \sin^2 \varphi - \frac{a^2 \sin^2 \varphi}{2(N'_3 - \rho_p + \rho'_p)} [3(\rho_p - \rho'_p) + N'_3 - (\rho_p - \rho'_p + 3N'_3) \sin^2 \varphi] + b(2\rho_p - N'_3) \sin^3 \varphi,$$

$$\frac{N_4}{N'_4} = 1 - a \sin^2 \varphi - \frac{a^2 \sin^2 \varphi}{2(N'_4 - \rho_p - \rho'_p)} [3(\rho_p + \rho'_p) + N'_4 - (\rho_p + \rho'_p + 3N'_4) \sin^2 \varphi] + b(2\rho_p - N'_4) \sin^3 \varphi,$$

où ρ_p et ρ'_p désignent, comme précédemment, les demi-diamètres du Soleil et de Vénus non altérés par la réfraction. Les longueurs $N_1, N_2, N_3, N_4, N'_1, N'_2,$

N' , N'' , sont supposées exprimées comme ρ_p et ρ'_p en secondes d'arc. L'angle φ est celui qui a été défini au n° 15 et dont il a été donné une Table pour Pékin, Nagasaki, Nouméa et l'île Saint-Paul. Enfin les nombres a et b se tirent de la Table n° 16, en prenant pour valeur de l'argument h la hauteur vraie γ du Soleil, laquelle est donnée par la Table du n° 15 pour les stations qu'on vient de nommer.

Le terme $- a \sin^2 \varphi$, qui figure dans le second membre de chacune des équations précédentes, étant considéré comme très-petit du premier ordre, les termes qui le suivent sont du second ordre, et il n'y aurait lieu d'en tenir compte que si le Soleil s'était trouvé très-bas au moment où l'épreuve photographique a été prise. Or, si l'on examine à ce point de vue les épreuves qui ont été effectivement obtenues par les observateurs français à Pékin, à Nagasaki, à Nouméa et à l'île Saint-Paul, et si l'on regarde comme négligeable toute erreur qui n'altérerait pas d'un demi-centième de seconde la valeur conclue de la parallaxe, on reconnaît que, pour toutes ces épreuves, on peut négliger les termes du second ordre dans les équations dont il s'agit. Ainsi, dans la réduction des mesures prises sur les épreuves en question, on pourra, aux quatre formules ci-dessus, substituer la formule unique

$$\frac{N}{N'} = 1 - a \sin^2 \varphi (*).$$

La Table suivante donne les valeurs de $1 - a \sin^2 \varphi$ ou de $\frac{N}{N'}$ calculées de deux minutes en deux minutes pour chacune des quatre stations qu'on vient de nommer.

Table donnant, pour les stations où le passage de Vénus a été photographié par les observateurs français, le facteur $\frac{N}{N'}$ par lequel on doit multiplier, pour la corriger de la réfraction, une longueur mesurée sur l'épreuve suivant la normale commune aux contours des images du Soleil et de Vénus.

(Cette Table suppose la température de l'air égale à $+ 10^\circ$ et la pression barométrique égale à $0^m, 76$, au moment où l'épreuve a été obtenue. Pour une température T et une hauteur H du baromètre, il faudrait multiplier par $\frac{1,0367}{1 + 0,00367T} \times \frac{H}{0,76}$ la fraction dont chaque nombre de la Table surpasse l'unité.)

(*) Cela revient à dire que toute longueur, mesurée dans la direction d'une normale commune aux contours des disques du Soleil et de Vénus, devra être multipliée par le facteur $1 - a \sin^2 \varphi$, d'où il suit que le rapport de deux de ces longueurs, mesurées sur une même épreuve, n'est pas sensiblement altéré par la réfraction. Cette proposition cesserait d'être exacte pour des photographies du passage prises à de très-faibles hauteurs au-dessus de l'horizon.

PASSAGE DE VÉNUS.

Temps moyen de Paris.	PÉKIN.	NAGASAKI.	NOUMÉA.	ILE SAINT-PAUL.
	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$
13 ^h 50 ^m	1,000.09	1,000.09	1,000.17	
52	10	10	17	
54	11	11	17	
56	12	12	17	
58	13	13	17	
14. 0	14	14	17	1,001.32
2	15	15	17	1.28
4	17	16	16	1.25
6	18	16	16	1.21
8	20	17	15	1.18
10	21	18	15	1.15
12	22	19	15	1.12
14	24	20	15	1.10
16	25	22	14	1.07
18	27	23	14	1.05
20	28	24	14	1.02
22	29	25	14	99
24	31	26	14	97
26	32	28	13	94
28	34	29	13	92
30	35	30	13	89
32	37	31	13	87
34	39	33	13	85
36	40	34	12	82
38	42	36	12	80
40	44	37	12	78
42	46	38	12	76
44	47	39	12	74
46	49	41	11	73
48	50	42	11	71
50	52	43	11	69
52	54	44	11	67
54	56	46	10	66
56	58	47	10	64
58	60	49	9	63
15. 0	62	50	9	61
2	64	52	9	60
4	66	53	9	58
6	67	55	8	57
8	69	56	8	55
15. 10	1,000.71	1,000.58	1,000. 8	1,000.54

Temps moyen de Paris.	PÉKIN.	NAGASAKI.	NOUMÉA.	ILE SAINT-PAUL.
	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$
15 ^h 12 ^m	1,000.73	1,000.59	1,000.08	1,000.53
14	75	61	8	52
16	76	62	7	51
18	78	64	7	50
20	80	65	7	49
22	82	66	7	48
24	84	67	6	47
26	85	69	6	45
28	87	70	5	44
30	89	71	5	43
32	91	72	5	42
34	93	74	5	41
36	94	75	4	41
38	96	77	4	40
40	98	78	4	39
42	1.00	79	4	38
44	1.01	80	4	37
46	1.03	82	3	37
48	1.04	83	3	36
50	1.06	84	3	35
52	1.07	85	3	34
54	1.09	86	3	33
56	1.10	87	2	33
58	1.12	88	2	32
16. 0	1.13	89	2	31
2	1.15	90	2	30
4	1.16	90	2	30
6	1.18	91	1	29
8	1.19	91	1	29
10	1.21	92	1	28
12	1.22	93	1	27
14	1.23	93	1	27
16	1.25	94	0	26
18	1.26	94	0	26
20	1.27	95	0	25
22	1.28	95	0	24
24	1.29	96	0	24
26	1.31	96	0	23
28	1.32	97	0	23
30	1.33	97	0	22
16.32	1,001.33	1,000.97	1,000.00	1,000.22

Temps moyen de Paris.	PÉKIN.	NAGASAKI.	NOUMÉA.	ILE SAINT-PAUL.
	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$
16 ^h 34 ^m	1,001.34	1,000.98	1,000.00	1,000.21
36	1.34	98	0	21
38	1.35	99	0	20
40	1.35	99	0	20
42	1.35	99	0	20
44	1.36	99	0	19
46	1.36	99	1	19
48	1.37	99	1	18
50	1.37	99	1	18
52	1.37	99	1	18
54	1.37	99	2	18
56	1.37	99	2	17
58	1.37	99	3	17
17. 0	1.37	99	3	17
2	1.37	99	3	17
4	1.37	98	4	17
6	1.38	98	4	16
8	1.38	97	5	16
10	1.38	97	5	16
12	1.38	96	6	16
14	1.38	96	7	16
16	1.38	95	7	15
18	1.38	95	8	15
20	1.38	94	9	15
22	1.38	94	10	15
24	1.38	93	11	15
26	1.37	93	13	15
28	1.37	92	14	15
30	1.37	92	15	15
32	1.36	91	17	15
34	1.36	91	18	15
36	1.35	90	20	15
38	1.35	90	21	15
40	1.34	89	23	15
42	1.33	88	25	15
44	1.33	88	27	15
46	1.32	87	30	16
48	1.32	87	32	16
50	1.31	86	35	16
52	1.30	85	38	16
17.54	1,001.29	1,000.84	1,000.41	1,000.16

Temps moyen de Paris.	PÉKIN.	NAGASAKI.	NOUMÉA.	ILE SAINT-PAUL.
	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$	$\frac{N}{N'}$
17 ^h 56 ^m	1,001.29	1,000.83	1,000.45	1,000.16
58	1.28	82	48	16
18. 0	1.27	81	52	16
2	1.26	80	56	16
4	1.25	79	61	16
6	1.25	79	66	17
8	1.24	78	71	17
10	1.23	77	76	17
12	1.22	76	82	17
14	1.21	75	89	18
16	1.21	75	96	18
18	1.20	74	1.03	19
20	1.19	73	1.11	19
22	1.18	72	1.20	19
24	1.17	71	1.30	20
26	1.17	71	1.41	20
28	1.16	70	1.53	21
30	1.15	69	1,001.66	21
32	1.14	68		22
34	1.13	67		22
36	1.13	67		23
38	1.12	66		23
40	1.11	1,000.63		1,000 24
42	1.10			
44	1.09			
46	1.08			
48	1.07			
18. 50	1,001.06			

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Programme des opérations photographiques qui devront être exécutées simultanément dans toutes les stations, d'après une décision prise par la Commission du passage de Vénus, dans la séance du 6 avril 1874. — M. FIZEAU, <i>rapporteur</i>	1
Notes pratiques sur les opérations de la photographie pendant le prochain passage de Vénus sur le Soleil, réunies sur la demande de la sous-commission de photographie. — Par M. FIZEAU. . . .	11
Programme des observations astronomiques qui devront être effectuées dans toutes les stations, d'après une décision prise par la Commission du passage de Vénus, dans la séance du 16 mai 1874. — M. YVON VILLARCEAU, <i>rapporteur</i>	29
Effet d'une erreur dans la position tabulaire de Vénus sur le temps de l'entrée et de la sortie lors de son passage sur le Soleil, au 8 décembre 1874, d'après des observations effectuées près du nœud ascendant, en 1872, 1873 et 1874, à l'observatoire royal de Greenwich. — Par M. W. H. CHRISTIE.	57
Extrait du Bulletin international de l'observatoire de Paris, 20 mai 1874. N° 140.	61

	Pages.
Expéditions anglaises pour l'observation du passage de Vénus, le 8 décembre 1874. — Traduction des instructions aux observateurs, dressées par Sir GEORGE B. AIRY, <i>astronome royal</i>	63
Note sur la manière de déterminer l'orientation du châssis porte-plaques de l'appareil photographique destiné à l'observation du passage de Vénus. — Par M. PH. HATT.. . . .	89
Résultats des calculs faits pour déterminer l'orientation de la ligne des centres de Vénus et du Soleil dans les quatre stations françaises. — Par M. PH. HATT.. . . .	97
Décision prise dans le but d'assurer la conservation des documents recueillis dans les diverses stations.	107
Légende explicative de la planche représentant la lunette photographique destinée à l'observation du passage de Vénus. Planche représentant l'appareil photographique.	109
Recueil de nombres pouvant servir à la discussion des observations du passage de Vénus, du 8 décembre 1874. — Par M. V. PUISEUX.	115

FIN DE LA TABLE