

Lettres à une princesse d'Allemagne, t.3

1. [Notice](#)

This book was produced in EPUB format by the Internet Archive.

The book pages were scanned and converted to EPUB format automatically. This process relies on optical character recognition, and is somewhat susceptible to errors. The book may not offer the correct reading sequence, and there may be weird characters, non-words, and incorrect guesses at structure. Some page numbers and headers or footers may remain from the scanned page. The process which identifies images might have found stray marks on the page which are not actually images from the book. The hidden page numbering which may be available to your ereader corresponds to the numbered pages in the print edition, but is not an exact match; page numbers will increment at the same rate as the corresponding print edition, but we may have started numbering before the print book's visible page numbers. The Internet Archive is working to improve the scanning process and resulting books, but in the meantime, we hope that this book will be useful to you.

The Internet Archive was founded in 1996 to build an Internet library and to promote universal access to all knowledge. The Archive's purposes include offering permanent access for researchers, historians, scholars, people with disabilities, and the general public to historical collections that exist in digital format. The Internet Archive includes texts, audio, moving images, and software as well as archived web pages, and provides specialized services for information access for the blind and other persons with disabilities.

Created with hocr-to-epub (v.1.0.0)

The text on this page is estimated to be only 30.15% accurate

DS Se PE EE PACE ET 22 ee me 2 et ES mu sut Mouen E EUl
73 7 cn AT a ‘D, | j . Ê Ê e ®: L &

The text on this page is estimated to be only 49.51% accurate

| 6 | d : 1 | D \ | | | | { | | } | CRE see à | | | | 5 è | | 'à ' g | 1 { L ' * (8
1 More dt L4

he. tft nm , "D TTL 3 A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE
SUR DIVERS SUJETS D E PHYSIQUE gr ne PHILOSOPHIE. EE NC Le,
TOME TROISIÈME 7") CENETVE fi CHEZ BARTHELEMI CHIROL.
MDCG LXX V Ve Vos) \ NRA

The text on this page is estimated to be only 40.85% accurate

{ CN + ST LP ORSAS YEN À D TR EP 7) BL ep € 4 cd » ! Ç 3.
h, L) | : y» . mn alt : | smnven . non : ee - - .— Er vw ee || |

The text on this page is estimated to be only 47.63% accurate

em — DELEOPE D CT OS LE LD LA D LI € TABLE DES
MATIÈRES D U TOME TROISÈME. EE _ot = — . 1 Ê - Re es = ; — a ES
TA nn ep MR SE dopdee = S mpuns ee en LETTRE CLV. Problème des
Longitude: Di | Délcription géné | | ET . Grandeur RE | ET Ds €S du plus
court chemin. out onnOtjjance des LOngiéendes ar l'eflime du chemin
parcoursu. 28 KR XI1. Continuation, Défauts [pa cette méthode. | || qi. » / ||
miner les longitudes par le moyen d'une | borlo e éxaire. 6 (

se En g 0 sat iv s LA RCATRCLE LETTRE CLXV. Eclipses de
lune, tr roi méthode pour les Lot, rides, Satellites. de at | quatr iésne bide
our les Longitudes. | e mouvement de ne, cinouiérie Del ETIRE CLXX. Da
ne la bot Tee . manière de lobferver. aviation QU éprouve déclinaifon de 7
boufroleiou même endroit. manière deven Ca vir a découvrir. les
Longitudes. : 7S | Æ Pourquoi les aiguilles ainantées aff Cent en chaque lieu
de la terre une certainé diyecfion, différente en diférens endroits, €g. par.
quelle raifon elle ge AU HI6I1E endroit avec le tenis ? Eclairciflemens
Jur fe €ÿ la Am de la déclinaifon des aiguilles aïmantées.

DES MATIÈRES. y LETTRE. CREA VIR Nature de: la -matière
SITE > €S de Jon Fa HAL ee ; NERO D'OR TTTE7 ARCS de Pacier. Mare
cos ils peuvent recevoir LETTRE: CEX NX, Ann des aimans dans le fer.
Phénomènes. qu 07 obJerve en mettant LETTRE COOP Doc se MANS
aYMés.. 120 quer à acier la force magnétique ES. d'aisnauter les aiguilles
des bouffoles ; la frnple touche, fes défauts; moyens d'y remédier. LXXXIV.
Sur. la double touche: Moyens de conferver la matière magnétique - dans
les barres aimanptées. REA: 129 Comment on communique aux barres ;
acier une-tres-grande force magnétique , par d'autres barres qui Po ont tr
res-foible. Èn VIFA TIQUE GES CUMONS ay ficiels eu forme de Pic a
cheval: RE V & B HE 5 Tafirunens qu elle nous. fournit: Des Té. lefcopes €
Microfcopes, Diférentes

vj LR PI ANRÔE ves quon donne aux verres ou lentilles. lentilles
par rapport à la courbure de leurs faces. Hate des lentilles en trois ES
'VETYES COYHur la yepréfen. dans les as es oblures. 'anaeur apparentes
de Posté difiel, ES des microfcopes en néral. TETTRE CCL Fr PE 1#i0H
SPP Dour la conftruthion des microfcopes frmiples. Déquelques
microlcopes fimples. EE "à — ke — si _- = mn CAES

« on nn mcm À DES «MAT IÉ RE S. vi) LETTRE CCH. Borues
 €S défauts des microscopes /rrples. | ag. 206 f LETTRE CCI. Sur les
 Téllescopes, €5 leur LETTRE CCIV. Lunettes d'approche ou de poches. 21
 ELELIRE CCV, Sur leurs ovolhilemens, 220 | LETTRE CCVI. Défauts des
 lunettes de poches. Du chain abbarent. . CCV Determination pour les
 lunettes de =. LX. Our leur champ appareit, 6\$ le lieu de l'œil, .
 Derermination ment d'une lunette affronomique, ES confruction de
 lunettes qui grojjiffent les obLa jets un nombre de fois donné. 43 ré de
 clarte. . Ouverture des objecrifs. XIIT. Nefteté dans lexpreflion : Jur
 Pefpace de diffufion caufée par louverture des objectifs, €S confidérée
 comme la première fource du défaut de netteté dans la reprélentation. KE
 ouverture des verres, €S autres moyens de diminuer Pefpace de diffufion €y
 de la réduire même a Tien, 262

vii] 5 TABLE LETTRE CCXVIL Seconde fource du 'défaut de netteté dans la représentation par les lunettes. Deuxième réfraction HÉTÉE des Rayons. 276 moyen de ventiler à ce défaut par les objectifs composés. : 281 LETTRE SA Autre PO plus praticable. 285 LETTRE CCXX. Récapitulation des qualités d'une bonne lunette: 290 LETTRE CCXXL Lunettes terrestres à quatre verres. 294 LETTRE CCXXII. Arrangement des verres dans ces lunettes. 298 LETTRE CCXXIII. Précautions à observer dans la construction des lunettes. Nécessité de noircir l'intérieur des tubes. Diaphragmes. | 302 LETTRE CCXXIV. Comment les lunettes nous représentent la lune, les planètes, le soleil & les étoiles fixes: pourquoi ces dernières my, él.

DES MATIÈRES. ix paroissent plus petites par les lunettes qu'à l'œil. Effet de la distance des étoiles fixes en comparant leurs grandeurs apparentes avec celle du soleil. pag. 306 LETTRE CCXXV. Pourquoi la ligne ES le soleil paroissent plus grands au lever ☉ au coucher, qu'à une certaine hauteur #. Difficultés pour expliquer ce phénomène. 310 "LETTRE CCXXVI. Réflexions sur cette question, ES aplatissement des difficultés. Explications absurdes. 314 LETTRE CCXXVIII. Acheminement à la vraie explication de ce phénomène. La lune, paroit plus éloignée à l'horizon, au bout du ciel. 318 LETTRE CCXXVIII. Les espaces du ciel paroissent sous la forme de voûte aplatie vers le zénith. 322 LETTRE CCXXIX. Raies de l'affaiblissement de la lumière des astres à l'horizon. || 327 LETTRE CCXXX. Causes sur la distance des objets EY l'affaiblissement de la lumière. 339 LETTRE CCXXXL Sur le bleu du ciel. 334

x TABLE DES MATIÈRES. LETTRE CCXXXIIL. Ce que nous
obferverions, ft Pair étoit parfaitement #ranfparent. pag. 338 LETTRE
CCXXXIII. Refraéhion des rayons de la lumière dans Patmofphere, €S [es
effets. Des crépufcules;s du lever €ÿ du coucher apparens des ajires. 342
LETTRE CCXXXIV. Les afres nous paroifJent plus élevés qu'ils me le font.
Table des véfractions. 346 FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES | DU
TOME II.

: > LCR 168 EN 12 y jf # \ NA res IN * SUR NU || ii (| UE 7 |!
NES 4 <> + + : il Lula Los | j il ÉCRITES ul À UNE PRINCESSE
D'ALLEMAGNE SUR DIVERS SUJETS D E PHYSIQUE ET DE
PHILOSOPHIE: ee En L EP PEREE SE CLVE MADAME, da. ALTESSE
jugeth, fans-doute, quil JL eft tems dé quittèr l'électricité; auflì n'ai- jé nn
plus rien à fre fur ce fujet; mais je ne fuis [Il pas fans embarras pour trouver
une matière digne de votre attention. . LINE A1 4 Je crois que pour ce
choix, jé dois avoir [ETUIS égard aux matièrès qui intéreflent le plus nos
AI vent; maticres, {ur lefquellès on peut prétendre, que les perfonnes de
qualité foient {ufhfamment initruites. Tom. 'LIL. À connoifances, & dont
les écrivains parlent fou- AL x

LETTRES À UNE PRINCESSE V. À. ayant fans-doute fouvent entendu parler du fameux problème des longitudes, fur la folution duquel les Anglois ont promis de grands prix, je crois que mes inftruétions {eront bien placées, quand elles tendront à la mettre at fait de cette queftion importante, lice fi étroitement avec la connoiffance de notre globe qu'il n'eft pas permis de lignorer; ce qui me fournira l'occafion d'expliquer quantité d'articles intéreflans, dont l'éclairciffement fera plaifir à V, A. Je commencerai donc par une defcription générale de la terre, qui peut être regardée comme un globe, quoiqu'on ait trouvé dans ces derniers tems, que {a véritable figure et une fpheroïde tant foit peu applatie; mais la différence eff fi petite , que nous pouvons bien la laifler de côté. | Nous devons remarquer premièrement fur le globe terreftre , les deux points placés fur fa furface nommés les deux poles de la terre. C'eft autour de ces deux points, que le globe tourne chaque jour, comme tourneroit un globe qu'on tient fixe entre les deux pointes d'un tour ; ce mouvement eft nommé le mouvement journalier ou diurne de la terre, dont chaque tour s'achève environ en 24 heures. Ou fi nous voulons parler felon les apparences, V. À. fait que le ciel, que nous regardons comme une boule creufe au milieu de laquelle fe trouve 'la terre, 'paroît tourner autour d'elle dans le même efpace 'de 24 heures; ce

D'ALLEMAGNE. 3 Mouvement fe fait auflî autour de deux points fixes dans le ciel, qu'on nomme polés du ciel; & {1 nous concevons'une ligne droîte tirée d'un des poles du ciel à l'autre, elle: pañlera par le milieu de la terre. | V. À. comprend aifément que les apparences doivent être les mêmes', que la terre tourne autour de ces poles, le ciel reftaänñt en repos; ou qué lé ciel tourne autour de fes poles, la terre demeurant en repos, L'une: &: l'autre confidération nous conduit également à licon: noiflancé des poles deläterre, {ur laquelle laf: tronomie & la géographie font fondées: La fig. 1. Tab. I. répréfente leoglobe de Ja tetre, dont les polés font les points À & B; l'un de ces polés A'eft nommé lé. pole auf: ral, ou ture & auflî :po/e anrortrique: L'autre pole B eft ñomtné boréal, ou feptentrional {oit pole arétique 3 ce dernier eltle plus pro: che dés endroits que nous habitons. Remarquohs que. ces deux poles {orit direc: tement oppolés lun à l'autre; &que fi l'on ti roit une ligne droite dé l'un À & del'autreB, en-dedans de la terre; elle pañleroit -précifés ment par le miliéu C, c'elt-a-dire, par le centre dé la terre. Cette ligne droité AB: porte auflî fon nom, @& fe nomme "xe de ln terre, qui prolongé de part & d'autre jufqu'au ciel; y marquera les points qu'on nome poles du ciel, & auxquels on donne les mêmes noms qu'a ceux de la terre. Ces deux poles de la terre nerfont pas une À 2

4 LETTRES A UNE PRINCESSE fimple fiétion, ni une fpéculation des aftronomes & des géographes, mais plutôt des points très-cflentiels, marqués fur la furface de notre terre; car nous favons que plus on s'en approche plus les contrées deviennent rudes & froides; deforte que:les pays qui {ont autour font abfolument inhabitables, à caufe du froid exceihif qui y règne: aufli ne trouve-t-on pas d'exemples qu'aucun voyageur ni aucun vaiffeau ait pu parvenir juiqu'a l'un ou l'autre des poles on peut donc dire que ces deux endroits de la terre font abfolument iriaccefhbles. Ayant ainfi déterminé les deux poles de la terré À & B on la conçoit partagée en deux hémifphères comme DBE & DAE, dont chacune porte, dans fon {ommet, l'un des poles. Il faut, pour cet effet, couper la terre par fon centre C, deforte que la fetion foit perpendiculaire à l'axe de la terre; cette {ection marquera, fur la furface de la terre, un cercle qui paie' tout autour d'elle, & qui eft éloigné partout également des deux poles. Ce cercle qui entoure la terre par {on milieu porte le nom d'équateur ; les pays qui en font près font les plus chauds, & prefqu'inhabitables, à ce que croyoient les anciens ; mais aujot urd'hui, on les trouve. aflez habités, quoique. la chaleur y foit: préfq'infupportable. En s'éloignant de l'équateur de part & d'autre vers les poles; les contrées deviennent de plus en plus tempérées, jufqu'à ce que le froid devienne enfin infoutenable:, loxfqu'on s'en approche trop.

D'ALLEMAGNE. ç Comme l'équateur partage. la terre en deux hémifphères, chacun porte le nom du pole qui s'y trouve; ainfi la moitié DBE, qui contient le pole boreal, eft nommée hémifphere "boréal, dans lequel eft fituée l'Europe , prefque toute l'Asie, une partie de l'Afrique & la moitié de l'Amérique. L'autre hémifphère DAE eft nommée hémifphere méridional ou austral, & contient la plus grande partie de l'Afrique, l'autre moitié de l'Amérique & plufieurs ifles, qu'on rapporte à l'Asie, comme V. À. l'aura vu fur la mappe-monde. le 18 Août 1761. LETTRE XGEVIL. SR PRÈS avoir bien fixé l'idée des poles & de l'équateur, que V. À. peut mieux s'imaginer fur un globe que je ne puis le repréfenter par une figure, les autres idées dont nous avons befoin en fuivront aifément. Je dois cependant y ajouter encore un plus grand éclairciffement. L'axe de la terre paffant d'un pole à l'autre par le centre, eft le diametre du globe de la terre, & par conféquent, deux fois plus grand que le rayon; on eftime le rayon de la terre ou la diftance de chaque point de la furface au centre de 8600 milles d'Allemagne ; l'axe de la terre contiendra donc 1720 milles d'Allemagne. Et: l'équateur étant À 3 qu'il l | IA | i l | : If fl lr (fl (ll | pi] WHAT : EU (Ent | ll : 4 15 |l (pl A! nl 1 UTIDE PON E | LUN EL UN fil :

6 LETTRES À UNE PRINCESSE un cercle dont le centre est au centre de la terre', Je rayon étant le même que celui de la terre, savoir, de 860 milles, le diamètre de l'équateur sera aussi de 1720 milles; toute-la circonférence de l'équateur contiendra 5400 mil. les ;> or Pon vouloit faire le tour de la terre en suivant l'équateur, il faudroit parcourir un chemin de 5400 milles; on peut juger par-là de la grandeur de la terre. L'équateur étant un cercle, on le divise en 360 parties égales, qu'on nomme degrés; un cercle de l'équateur contient donc précisément 15 milles d'Allemagne, puisque 15 fois 360 font 5400. Chaque degré est encore subdivisé en 60 parties égales, qu'on nomme minutes, de sorte que chaque minute contient la quatrième partie d'un mille d'Allemagne, ou environ 6000 pieds; & une seconde, étant la sixième partie d'une minute, contiendra 1000 pieds. Dans l'impossibilité de représenter sur le papier un globe autrement que par un cercle, V. À. y suppléera par l'imagination. ... Ainsi, Tab. x: fig: 2. B, A, étant les deux pôles de la terre; B, le Pôly & À, l'autre; DMNE représente l'équateur, ou plutôt la moitié qui en est tournée vers nous, l'autre nous étant cachée de l'autre côté. La ligne DMNE nous représente donc un demi-cercle aussi bien que BDA & BEA, tous ces demi-cercles ayant leurs centres à celui du globe GC; On peut s'imaginer une infinité d'autres

D'ALLEMAGNE. 7 tres demi-cercles, tous tirés par les deux
 poles A & B de la terre & pañlant d'autant de points diférens de l'équateur
 qu'il y a de demi-cercles diférens , comme, BMA, BNA; ceux-ci feront tous
 femblables aux premiers demi-cercies BDA & BEA; quoique dans la figure,
 leurs traits oient tres-diférens, l'imagination doit, y fuppléer, car la chofe eft
 très-évidente fur un globe. Tous ces demi-cercles tirés dun pole à l'autre;
 par quelque poît de l'équateur qu'ils pañent; font nommés: méridiens; ou
 plutôt, un méridien n'est autre chofe, qu'un demi- cercle qui, 'fur la furface
 de la terre, eft tiré d'un pole à l'autre; .&:V.. A. comprend que, prenant un
 lieu quelconque fur la furface de la terre ; comme le point L, on peut
 toujours concevoir un méridien BLM A qui, pañant par les deux poles,
 traverse ce lieu L.. On nomme alors ce méridien ; le méridien du lieu L. Si
 par exemple L étoit Berlin, le demi- cercle BL MA feroit le méridien de
 Berlin; & ainfi de même par-rapport a. tous les, autres lieux de la terre, V. A;
 peut fe repréfenter. un globe, fur la furface duquel font deffinés tous les
 pays de la rousse le continent aufli bien que la mer avec fes isles, Ce globe
 artificiel, qu'on appelle globe terrefire s ne peut, pas être inconnu à V. A.
 Quant à tous les méridiens,. qu'on peut y concevoir, & dont un. grand
 nombre: eft tiré fur le globe, je remarque, que chacun étant un demi-cercle,
 eft partagé par l'équateur en deux A 4 nm me tre RE en nn er amener me M
 D LE LT ee mr

8 LETTRES À UNE PRINCESSE patties égales, dont chacune se trouve être un quart de cercle, c'est-à-dire, un arc de 90 degrés. Ainsi BD, BM, BN, BE sont des quarts de cercle, aussi bien que AD, AM, AN & AE; chacun contient donc 90 degrés: on y peut encore ajouter, que chacun est perpendiculaire à l'équateur, faisant avec lui des angles droits. De plus, si l'on vouloit voyager du point de l'équateur M jusqu'au-pôle B, le plus court chemin feroit de suivre la route du méridien MLB, qui étant un arc de 90 degrés, & un degré contenant 15 milles d'Allemagne, le plus court chemin feroit de 1350 milles, qu'il faudroit parcourir pour aller de l'équateur jusqu'à l'un des pôles. V. A. se fouviendra que le plus court chemin d'un lieu à l'autre, est la ligne droite tirée par ces deux lieux; ici la ligne droite tirée du point M de l'équateur jusqu'au pôle B tomberoit au-dedans de la terre, route impossible à suivre, parceque nous sommes tellement attachés à la surface de la terre que nous ne faisons nous en écarter. C'est pourquoi la question devient bien différente quand il s'agit du plus court chemin sur la surface d'un globe; qui conduit d'un endroit à l'autre. Ce plus court chemin n'est plus, une ligne droite, mais un arc de cercle tiré d'un endroit à l'autre sur la surface; - & dont le centre tombe précisément dans le centre du globe même. 'Cela est aussi parfaitement d'accord avec le cas dont il s'agit

D'ALLEMAGNE. 9 ici; car pour voyager du point M de l'équateur Jusqu'au pôle B; l'arc du méridien MLB, que J'ai dit être le chemin plus court, est effectivement un arc de cercle dont le centre se trouve au centre de la terre. De même, si nous considérons le lieu L situé dans le méridien BLM A, le plus court chemin pour aller de-là jusqu'au pôle B, fera l'arc LB; & sachant le nombre de degrés que cet arc contient, en comptant 15 milles pour chaque degré, on aura la longueur du chemin. Mais si l'on vouloit aller de ce même lieu à l'équateur, par le plus court chemin, il faudroit suivre la route de l'arc du méridien LM, dont le nombre de degrés, on comptant 15 milles par chaque, donneroit la longueur du chemin. On se contente d'exprimer ces chemins par degrés, puisqu'il est si aisé de les réduire en milles d'Allemagne, & que d'autres nations se fervent de milles plus grands ou plus petits. Ainsi, prenant la ville de Berlin pour le lieu L, on trouve que l'arc LM qui conduit à l'équateur, contient 22 degrés & demi; par conséquent pour aller de Berlin à l'équateur, le plus court chemin est de 787 milles & demi. Mais si l'on vouloit aller de Berlin au pôle boréal où septentrional B, il faudroit suivre la route de l'arc BL, qui contenant 37 degrés & demi, fera 562 milles & demi. Ces deux chemins donnent ensemble 1350 milles pour la longueur de l'arc BLM, qui est un quart de cercle de

IO LETTRES À UNE PRINCESSE 90 degrés; dont la valeur est, comme nous avons vu, de 1350 milles d'Allemagne. le 22 Août 1761. EEE
 RER BraC L'VSEL JE commence encore par la même figure, Tab. I. fig. 3. qui fera déjà bien familière à V. A Le cercle entier représente le globe de la terre ; les points A & B, les deux pôles; B le pôle boreal, septentrional ou arctique ; A le pôle austral , méridional, ou antarctique ; de sorte que la ligne droite B A tirée au-dedans de la terre & passant par son centre C soit l'axe de la terre. Ensuite D ME est l'équateur qui la divise en deux hémisphères, l'un D BE boreal & l'autre DAE méridional. Considérons maintenant un lieu quelconque L & tirons son méridien BLMA, qui étant un demi-cercle, passe par ce lieu L & par les deux pôles B & A. C'est donc le méridien du lieu L, partagé par l'équateur en M en deux parties égales faisant deux quarts, de ce cercle, dont chacun contient 90 degrés. : Ensuite je remarque que l'arc LM de ce méridien nous donne la distance du lieu L à l'équateur, & que l'arc LB exprime la distance du même lieu L au pôle B. at
 Cela posé, il est bon de remarquer que l'arc

r Den CLEAN _ — _ — D'ALLEMAGNE, II LM, -ou la
 distance de L à l'équateur est nommée la latitude du lieu L;; de sorte que la
 latitude d'un lieu sur la terre n'est autre chose que l'arc du méridien de ce
 lieu, qui est intercepté entre l'équateur & le lieu proposé; ou bien la latitude
 d'un lieu est la distance de ce lieu à l'équateur, en exprimant cette distance
 par degrés, dont nous connaissons la valeur puisque chaque degré contient
 15. milles d'Allemagne. V. A: comprend aisément, qu'il faut distinguer
 cette distance; selon que le lieu se trouve ou dans l'hémisphère boréal, ou
 dans l'hémisphère austral; dans le premier cas, si le lieu proposé est dans
 l'hémisphère boréal ou Septentrional, on dit qu'il a une latitude boréale;
 mais s'il est dans l'hémisphère austral ou méridional, on dit que sa latitude
 est méridionale. Ainsi, quand il est question de Berlin, on dit que sa latitude
 boréale est de 52 degrés & 31 minutes; la latitude de Magdebourg est aussi
 boréale de 52 degrés & 19 minutes. Mais celle de Batavia aux Indes
 orientales est méridionale de 6 degrés 15 minutes; & celle du Cap de bonne
 espérance en Afrique est aussi méridionale de 34. degrés 15 minutes. Je
 remarque ici en passant, que pour abrégé, au lieu du mot degré on met un
 petit zéro (°) au-dessus d'un nombre, & au lieu du mot minute une petite barre
 (/), & s'il y a des secondes, on en met (//); c'est ainsi que la latitude de Paris
 à l'observatoire est 48° 50' 10". B. ce qui veut dire 48 degrés, 50 minutes &
 10 secondes ——— et si l'on veut dire 48 degrés, 50 minutes &
 10 secondes on se sert de la notation 48° 50' 10".

12 LETTRES À UNE PRINCESSE condes boréales. Il y a au Pérou un endroit nommé Vlo, dont on a trouvé la latitude de $17^{\circ}. 36'. 1''$ M. ou bien 17 degrés 36 minutes & 1 seconde méridionales. : D'où V. À. comprend, que si l'on parloit d'un lieu, doit la latitude fût $0^{\circ}. 0'. 0''$. ce lieu feroit précifément fous l'équateur, puifque fa diftance de l'équateur eft zéro ou nulle; & il n'eft pas néceffaire d'y ajouter la lettre B, où M. Mais si l'on parvenoït à un lieu, dont la latitude fut 90° : B, ce lieu feroit précifément le pôle boréal même de la terre, qui eft éloigné de l'équateur d'un quart de cercle ou de 90 degrés. V. A: entendra parfaitement à préfent, ce que c'eft que la latitude d'un lieu, & pourquoi on l'exprime par degrés, minutes & fecondes. Il eft tres important de connoître la latitude de chaque lieu ; non-feulement pour affigner à chacun fa vraie place fur les cartes céographiques mais parce que c'eft d'elle que dépendent les faifons de l'année, l'inégalité des jours & des nuits, & par conféquent la température des lieux. 'Il n'y a prefque point de variation dans les faifons pour les endroits fitués fous l'équateur même, & pendant toute l'année les jours & les nuits y ont de même durée, favoir de - 12 heures; c'eft pourquoi l'équateur eft aufli nommé la ligne 'équinoctiale; mais plus on s'éloigne de l'équateur, plus la différence entre les faifons de l'année devient marquée, & plus aufi les jours fur

— ut le D'ALLEMAGNE. 13 passent les nuits en été, & réciproquement, en hyver, les jours font plus courts que les nuits. V. À. fait que les plus longs jours {ont au commencement de l'été vers le 12 de Juin: conséquemment les nuits font alors les. plus courtes ; au commencement de l'hiver au contraire, vers le 23 de Décembre, les jours {ont les plus courts & les nuits les plus longues : de manière que, par-tout, le plus long jour est égal à la plus longue nuit. Or en chaque lieu, la durée du plus long jour dépend de la latitude du lieu. Le plus long jour à Berlin est de 16 heures 38 minutes, & par conséquent le plus court en hyver est de 7 heures 22 minutes. - Aux endroits plus près de l'équateur, ou dont la latitude est moindre que celle de Berlin, qui est $52^{\circ}. 32'$, le plus long jour en. été a moins de 16 heures 38 minutes, & en hyver le jour le plus court a plus de 7 heures 22 minutes. Il arrive le contraire aux endroits plus éloignés de l'équateur; à Petersbourg, par exemple, dont la latitude est 60 degrés, le plus long jour est de 18 heures 30 minutes & par conséquent la nuit n'est alors que de 8 heures 30 minutes; en hyver du contraire la nuit la plus longue y est de 18 heures 30 minutes & le jour n'est alors que de 8 heures 30 minutes. : Si l'on s'éloigne encore davantage de l'équateur, & qu'on parvienne à un lieu dont la latitude soit de $66^{\circ}. 30'$, le plus long jour y :est précisément de 24 heures, ou bien le soleil ne se couche

= ee here, 14 LETTRES À UNE PRINCÉSSE pas alors; tandis qu'en hyver le contraire 4f: rive, le foleil ne sy levant point du tout le 23 Décembre, & la nuit durant alors 24 heures. Or dans les lieux encore plus éloignés de l'équateur & conféquemment plus proches du pole, comme Warthuys dans la Laponie fuédoïfe , ce plus long jour de 24 heures y dure plufieurs jours de fuite, pendant lefquels le foleil ne fe couche abfolument pas; & la plus longue nuit, où le foleil ne fe lève pas du tout, eft de li même durée. Si nous pouvions arriver au pole même, nous y aurions du jour pendant#fix mois de fuite, & pendant les fix autres une nuit continuelle, V. À. doit en conclurre combien il eft important de bien connoître la latitude de tous les lieux de la verre. le 22 Août 1764. LE FC TERMES CEVETT A vaNT eu lhonneur de dite à V: À. que pour trouver le méridien d'un lieu ptopofé L, il faut tirer fur la furface de la terre un demi - cercle BLMA , qui pañlé par' les deux poles B & A, & par le lieu propolé L; je remarque Tab. I. fig. 4 quil y a une infinité d'autres endroits par lefquels ce même méridien. pañle, & qui par conféquent {ont

D'ALLEMAGNE. TS dits tous situés sous le même méridien, soit dans l'hémisphère boréal entre B & M, soit dans l'hémisphère méridional ou austral entre M & A. Or tous les lieux situés sous un même méridien différent en latitude, les uns étant plus proches ou plus éloignés de l'équateur que les autres. C'est ainsi que le méridien de Berlin passe par la ville de Meisse, à-peu-près par le port de Trieste, & par quantité d'autres lieux moins remarquables. V. A. voit aussi que bien des lieux peuvent avoir la même latitude, ou être également éloignés de l'équateur, mais qu'ils sont tous situés sous des méridiens différents. En effet, si L est la ville de Berlin, dont la latitude ou l'arc LM contient $52^{\circ} 31'$, on peut aligner sous tout autre méridien BNA, un lieu T, dont la latitude ou l'arc TN est aussi $52^{\circ} 31'$; ces lieux sont aussi les points F & G pris dans les méridiens BD A & BEA. Comme donc on peut tirer par chaque point de l'équateur un méridien, dans lequel il y aura un endroit dont la latitude sera la même que celle de Berlin ou du lieu L, on aura une infinité de lieux, qui auront tous la même latitude." Ils seront tous situés dans un cercle FLIG, dont les points étant tous également éloignés de l'équateur, il est nommé cercle parallèle à l'équateur, ou simplement un parallèle. Un parallèle sur la terre n'est donc autre chose qu'un cercle parallèle à l'équateur, < Le 2sm ts

16 LETTRES À UNE PRINCESSE ou dont tous les points en font également éloignés; d'où il est clair que tous les points d'un parallèle font aussi également éloignés des poles de la terre. Comme on peut tirer dans chaque lieu de la terre un tel parallèle, on peut en concevoir une infinité, qui diffèrent tous entr'eux par rapport à la latitude, chacun ayant une latitude, soit boréale, soit australe, qui lui est propre. V. A. comprend aussi que plus la latitude est grande, ou plus on approche de l'un des poles, plus les parallèles deviennent petits, jusqu'à ce qu'enfin aux poles mêmes, où la latitude est de 90° , ces parallèles se réunissent dans un seul point. Mais, au contraire, plus on approche de l'équateur, ou plus la latitude est petite, plus aussi les parallèles font grands, & ils se confondent enfin avec l'équateur même; lorsque la latitude est zero ou nulle. C'est aussi par la latitude qu'on les distingue, ainsi le parallèle de 30° degrés est celui qui passe par tous les lieux dont la latitude est de 30° degrés, où l'on doit pourtant s'expliquer, si l'on parle d'une latitude boréale, ou d'une latitude méridionale. | En consultant les cartes géographiques, V. A. verra qu'Hanovre est situé sous le même parallèle que Berlin, la latitude de l'un & de l'autre étant $50^{\circ} 31'$, & que les villes de Brunschwic & d'Amsterdam tombent, presque sous le même parallèle ;. mais que les méridiens qui

D'ALLEMAGNE: : ji : 4. 17 qui pañlent par ces: endroits font -
 diférens: Or connoiffant le méridien &:lle:parallele {ous lequel un lieu elt
 fitués on en fait la véritaz ble place fur la terre. Silon:nous difoit par
 exemple qu'un certain: ehdroït elt;fitue fous le méridien. B N À & fous:
 le:parallele RE G; on n'auroit qu'à voir où le:méridien:B NA eft coupé par
 le, parallele FL:G;8 l'interfection Ï donnera la véritable: place de ' Pendroit
 propofc. | C'eft de ce moyen dont le fervent les geographes: pour
 déterminer la véritable pofition de tous les endroits de la terre. Il -ne:rs'agit
 que d'en connoiître le parallele, :ow la latitude, & le méridien qui ui
 répond: Pour le:paral: lele, il eft aie: de le marquer &-de-le diftinguer de
 tous les autres ;) on aa:qu'a indiquer la latitude ou:lar: diftance :de
 l'équateur qui fera. boréale ou méridionale: mais comment pourra-t-on
 décrire un méridien & le diftin. uer de tous les autres ? Ils fe: reflentent
 par: faitement, ils {ont tous égaux :entreux,, & aucun ne porte une marque
 efentielle preféablement aux autres. :4b dépend/donc uniquement de notre
 bonplaifir. de! choïfir un certain, méridien &:de le fixer, pour en dé: duire
 tous. les autres.: \ Si,:par exemple, dans la figure mife au commencement de
 cette lettre, on choïffoit le:méridien BiD A , il'feroit aile de nous: donner une
 defcription! de tout autre:dhéridien comme:B-M-A3:on:n'auroit qu'a nous
 indiquer:dans! l'équateur Pare: DM, Zom. III. B #

= ee a 19 LETTRES/-À UNE PRINCESSE compris entre le méridien fixe B D À & celui dont il éft queftion B M A⁵ pourvü qu'on ajoute en quel fens on doit partir du meridien:fixe, pour pañler à l'autre, fi c'eft vers lorient ou vers loccident. On nomme ce méridien fixe, duquel on compte tous les autres, /e premier méridien , & puifque le choix de ce premier méridien dépend de notre bon plaifir, V. A. ne fera pas furprife, fi les diverfes nations ne font pas d'accord'là-deflus. : Les François ont choifi pour cet effet l'Isle de: Fer qui eft une des Canaries, & c'elt de cette isle qu'ils tirent leur premier méridien. Les Allemands & les Hollandois -font. pañler le leur par une autre isle des Canaries, nommée Ténérifte. Mais foit qu'on fuive les François ou les Allemands:, il faut toujours bien marquer fur l'équateur, le: point. par lequel pañle le premier méridien, & de ce point: on compte enfuite par degrés, les: points par lefquels pañlent tous tes autres:méridiens, .& tant les François que les. Allemands font :d'accord de compter de l'occident vers lorient. Si donc le! demi-cercle B D A étoit dans notre. figure cle premier -méridien, & que les points de l'équateur M & N fuflent fitués vers Jorient, on n'a, pour marquer tout autre méridien BMA; qu'à indiquer la grandeur de l'arc DM; & cet arc elt ce qu'on nomme la longitude de tous les: eux fitués fous le méridien B M A. S'il étoit queftion des lieux

in. mm , tres D'ALLEMAGNE. 19 fitués fous le méridien BN À;
leur longitude feroit l'arc de l'équateur D N exprimé en degrés, minutes &
secondes. le 29 Août 1761. | : CREER mic _ : LE TP RE AGE PX VV. A. est
bien instruite à présent, sur ce qu'on nomme la latitude & la longitude d'un
lieu sur la terre. La latitude se compte {ur le méridien du lieu proposé
jusqu'à l'équateur , ou bien elle est la distance du parallèle qui passe par le
lieu proposé à l'équateur, à quoi, pour ôter toute ambiguïté, il faut ajouter si
cette distance {oit latitude est boréale ou méridionale: Pour la longitude, il
faut voir combien le méridien du lieu proposé est éloigné du premier
méridien, & on compte cet éloignement {ur l'équateur, depuis le premier
méridien jusqu'au méridien proposé, en allant toujours de l'occident à
l'orient; ou bien la longitude est la distance du méridien du lieu proposé
depuis le premier, en comptant les degrés sur l'équateur, comme je viens de
le dire. On compte donc toujours du premier méridien vers l'orient, & V. À.
comprend que quand on aura compté jusqu'à 360 degrés, on retournera
précisément au premier méridien B 3

Le et 20 LETTRES À UNE! PRINCESSE dien, puisque 360
 degrés 'achèvent toute: fa circonférence de Péquateur : : ainfi, quand on
 parle d'un endroit dont la longitude {eroit 359 degrés, le méridien de cet
 endroit ne {era éloigné du premier méridien que d'un degré, mais vers
 l'oueft ou l'occident; de même-360° de longitude coïncident avec la
 diftance de 10° vers l'oueft ou l'occident. C'elt donc pour-eviter toute
 ambiguïté, que, dans la détermination des longitudes, on continue de
 compter jufqu'à 360° vers l'orient. V. A: fera ans: doute curieufe de favoir
 pourquoi les géographes fe font: accordés d'établir le premier méridien par
 quelqu'une des ifles Canaries ? J'ai l'honneur de lui répondre; qu'on a voulu
 fe régler fur les limites de l'Europe vers l'occident, & que comme on
 regarde les ifles Canaries, (fituées dans la mer At. lantique au-delà de
 l'Efpagne vers l'Amérique,) comme faifant encore partie de l'Europe, on a
 jugé à propos de faire pañler le premier méridien par la plus réculée: des
 ifles Canaries , afin qu'on pût compter les autres méridiens fans
 interruption , non-feulement par toute l'Europe, mais par toute l'Afie: d'où,
 continuant. de compter vers l'orient, on parvient en Amérique, & de-là on
 retourne enfin au premier méridien. Mais à quelle de ces ifles Canaries
 donner la préférence? Quelques géographes François ont choïfi l'ifle de Fer,
 & les Allemands celle de Ténériffe, parce qu'on n'étoit pas

— que m 2 D'ALLEMAGNE. QT äfez für alors de la véritable
fituation de ces isles!, :& qu'on ne: favoit peut-être pas laquelle étoit plus
réculée; d'ailleurs les Allemands ont crû que Ja montagne nommée Pic de .
Ténériffe ,-étoit pour afnfi dire, marquée par la natute pour y faire pañler le
premier méridien. Quoiqu'il en foit; il eft prefque ridicule de faire-paller le:
premier méridien-par:un endroit dont'la fituation n°eft pas bien connue; car
ce n'est que depuis peu de:tems, qu'on a mieux déterminé la potion. des
Canaries. En confequence, les aftronomes qui employent ie plus
d'exactitude dans «leurs recherches ;: placent le premier méridien; de façon
que celui. de l'obfervatoire de Paris -en {oit précilément éloigné de 29
dégrés ;: fans-lé {oucier pat quel endroit pañle alors le premiers, e'elt
fans'doute:le plus {ri parti qu'on puifle:iprendre ;: &pour bien déterminer
tout autres méridien, le meilleur moyen eft d'en chercher l'éloignement de
celui de Paris s alorsufirèt: autre méridien eff plus vers l'orient, on aa: qu'à
y ajouter 20 degrés pour avoir:la longitude des lieux qui y font. fitués ;:
mais fi ce:méridien eft plus:vers l'occident que celui de Paris, on fouftrait
leur diftance de 20 degrés; enfin fi cette diltance vers l'occident elE de, plus
de 26 degrés, on la fouftrait de 380 degrés; foit de 20 degrés au-delà des
360, pour:avoir la longitude du méridien: + . | Ainfi le meridien de Berlin
étant plus vers lorient que celui' de. Paris de 11°. 7/, 16, B 3

te, A 22 LETTRES À UNE PRINCESSE la longitude de Berlin
fera $31^{\circ} 7'$, 145//; & @ c'est auili la longitude de tous les autres lieux qui
font: fitues {aus le: meme méridien que Berlin. De même le méridien!de
Pétersbourg étant plus vers Porient de 28 degrés que celui de Paris: la
longitude de Pétersbourg {era 48° . Le méridien de Londres à St. James et
plus vers l'occident que celui de Paris de $2^{\circ} 25'$. 15/3; donc en Ôôtant
cette quantité de 20° , le refte $17^{\circ} 34'$ 5 45/h donne la:longitu. de de
Londres àSt. James: Confidérons auili laville de Lima au Pé. rou, dont le
méridien efb éloigné de celui de Paris de $70^{\circ} 9'$. 30! vers l'occident;;qu'il
faut par confequent fouftraire de 30° ; & l'on trouvera la longitude de
Lima $309^{\circ} 30'$. Or quand on connoît la latitude & la: longitude d'un
endroitson'est en état de marquer fon vrai lieu fur le globe terreftre ; ou
fur'une carte géographique; car comme Ja latitude marque le: parallele, fous
© lequel l'endroit est fitué, & queda longitude donne le méridien du même
lieu} l'endroit:où le! parallele coupe le méridien; fera exactement le lieu
propofe. VA: n'a qu'a jetter les yeux {ur 'une carte géographique; par
exémple, fur celle de l'Europe; elle verra les degrés des paralleles marques
des deux côtés, ou leurs dif, tances de l'équateur, &, en haut & en bas,

D'ALLEMAGNE. 23 les degrés de longitude fait les
cloitnemens des meridiens du premier méridien. On trace ordinairement
sur les cartes les parallèles & les méridiens, de degré en degré, ou
seulement de sens & degrés: Dans la plupart des cartes, les méridiens
sont tirés de haut en bas, & les parallèles de gauche à droite; de haut est
dirigé vers le Nord; le bas vers le Sud, ou le midi: le côté droit vers
l'orient ou l'Est; & le côté gauche vers l'occident - fait l'Ouest. ' | «Il faut aussi
remarquer que, par suite tous les 'méridiens concourent dans les deux pôles,
plus deux méridiens s'approchent d'un pôle: plus leur distance est petite;
c'est toujours sous l'équateur, où la distance entre deux méridiens est plus
grande: Auf, sur toutes les bonnes cartes où les méridiens sont tracés, V.
Aussur qu'ils s'approchent toujours vers le haut; le Nord; & que leurs
distances deviennent plus grandes en s'approchant de l'équateur ce qui sert
à une meilleure intelligence des cartes géographiques, par lesquelles on a
tâché de nous représenter la surface ou une partie de la surface du globe.
Mais mon but principal est de démontrer comment la véritable position de
chaque lieu de la terre est déterminée par sa latitude & sa longitude. le x
Septembre 1761 B 4 ARE © 7: LR KE | 4 | (4 L f HA l al i | | EHATER
“C'est maintenant

es — 24 LETTRES À: UNE *PRINCESSE LIET TRE. CL X. R

UIS ie n eft ñ important de connoître la datituttes \$erla longitude de chaque lieu, ‘pout lavoit: quel:poiñt:on fe trouve fur‘ la furface de:lasterre, V. À. jugera: aifément qu’il left tout autant:de. découvrir les moyens propres Aa: nous yrconduire. Il n’y a rien de plus intéreflant :pour ‘un hommetquisarrive après un long voyage dans un-endroit, fur-terre, ou fur mer, que: d’apprendre en quel lieu:de la terre il fe trouve alorsses’il éft proche de quelque pays: connû, ou non, & quel chemintil:faut prendre pout y arriver. : Le feul moyen de tirer cet: homme, d’embarras , {era'fans-doute de lui decourit la latitude :&: larlongitude du lieu -où.4l -eft: mais que: fera-til:pour parvenir ! à. cette -découveite?: Suppofonsrle fur: mer,:ou ‘dans quelqüe:vafte défent:, ‘ou: il ne’ peut confulter aucun. habitant. Apresétreaflüre au:moyen d'un globe -terreftreroù des: cartes géogtaphiques de la latitude & de læ longitude:du lieu où ’illeft, 1E y'remarquera aifement: le: point dei fa derheute , - & dera “énirétat de tirer:tous les’ éclairciflemens. dont äl-a: befoin. Je démontrerai à V. À. que c’eft Paftonomie, qui nous fournit principalement les moyens deéonnoître là latitude & la longitude du lieu où nous nous trouvons; mais pout er

D'ALLEMAGNE. 2\$ ñe pas ennuyer VW. Az:par le long: détail'
 de toutes: les méthodes que les :afronomes ont découvertes pouricet objet
 important; Je mé contenterai de lui en ses une idée générale,: & j'ofe me-
 flatter quel le {era {ufhfante pour faire comprendre (à. V. À. les: principes
 {ur lefquels toutes les méthodes: font: fonuüées: Jectais d'abord :las
 recherche: der:la! latitude, qui n'est prèfqueraflujettie à aucune-difhculté,
 tandis que celle dela:longitude:femble:furpafler tencote da: portée de
 lefpri: humain; furtout lorfqu'on feitrouve en mer & 'qu'onexige:tla
 dernière précifiom:ric'est pourquoi lon amis fur {a recherche ,: des: pri: très
 confi: dérables, pour:æñcouragé? davantage iles: {avans a réunir leur
 capacité & leurs travaux, pour-une découverte auflì importante;;qui devient.
 doublement /intéreffante.opar l'honneur & parle gain:qu'elle procurera a
 Pimventeur. 'Je reviens àda! latitude :&oaux moyeñs :de la: découvrir,
 'renvoyant. à un-autteftems :dé parler: plus iamplement-de:da: longitude &
 des diférentes méthodes:de: la découvrir , "füre tout en mer. Qüe. dans: la
 Res: Tab, Lulest points :B & A oientles-polés der la'terre ; B'A fon axe &°C'
 {on -centres! queslerdèmi-cercle B:-D:A repréfente: un-métidie, coupé par-
 léquateur au: point: D, & BD,-AD feront: des: quarts de cercle ou des'arcs
 de 90 degrés:: :La-Jigne droite C D:fera: donc:un ep de 'équateur &>D:E
 fon: diamètre:co! 2,1

= 2e - ins 26 LETTRES A UNE PRINCESSE Soit maintenant dans ce méridien BD À, le point L, le lieu proposé dont il faut chercher la latitude, ou bien le nombre de degrés que contient l'arc LD, qui mesure la distance du point L à l'équateur; ou encore, tirant le rayon CL, puisque l'arc CD est la mesure de l'angle DCL que je nommerai γ , cet angle γ exprimé sera la latitude du lieu L qu'il s'agit de trouver. Or comme il ne nous est pas permis d'entrer au centre de la terre pour y mesurer cet angle; il faut recourir au ciel: C'est là où la prolongation de l'axe de la terre AB mène au pôle boreal du ciel P; qu'on doit regarder comme infiniment éloigné de la terre.: Qu'on tire le rayon LC; qui aboutira dans le ciel au point Z: qu'on nomme le zénith du lieu sensé {uite: tirant par L la ligne 'droite ST perpendiculaire au rayon CL; V:: A. fera voir que cette ligne ST est une tangente du cercle & qu'elle {era par conséquent horizontale au lieu E: notre horizon touchant toujours la surface de la terre au lieu où nous nous trouvons. Qu'on regarde maintenant en L vers le pôle du ciel P, lequel étant infiniment éloigné, la droite LQ qui y est dirigée, {era parallèle à la ligne ABP; ou à l'axe de la terre; ce pôle au ciel paroîtra donc entre le zénith & l'horizon LT & l'angle TLQ: indiqué par la lettre #7 montrera combien la droite LQ dirigée au pôle, est élevée au-dessus de l'horizon; d'où cet angle est nommé l'élévation du pôle. V. À. a déjà sans-doute assez souvent enten-

er pr D'ALLEMAGNE. 27 du parler de l'élévation du pole, qu'on
 nomme aufhi la hauteur dn'pole, & qui n'est autre chose que l'angle que la
 ligne droite LQ, dirigée vers le pôle du ciel, fait avec l'horizon du lieu où
 nous sommes. V. À. comprend aisément la possibilité d'observer cet angle
 #7 par le moyen d'un instrument astronomique, sans que #8 besoin d'entrer
 dans un plus grand détail la-dessus. Quand on aura mesuré cet angle "1, doit
 la hauteur du pôle; il nous donnera précisément la latitude du lieu L, ou bien
 l'angle y. Pour cet effet il ne faut que faire Voir que ces deux angles # & y
 sont égaux. Or la ligne LQ. était parallèle. à CP: les angles #7 & x sont
 alternes, & conséquemment égaux. Et la ligne LT étant perpendiculaire au
 rayon CL, l'angle L du triangle CLT est droit, & les deux autres angles
 # & x: du même triangle feront aussi un angle droit: Mais puisque l'arc
 BD est un quart de cercle, l'angle BCD sera aussi droit, les deux angles x &
 # sont donc égaux; étant ajoutés ensemble: que les deux angles #1 & x.
 Prenons de part & d'autre l'angle x, alors l'angle y sera égal à l'angle #11,
 & par conséquent aussi à l'angle #. J'ai déjà fait remarquer, que l'angle y
 exprime la latitude du lieu L, & l'angle L, l'élévation ou la hauteur du pôle
 au même endroit L; donc la latitude d'un endroit est toujours égale à la
 hauteur du pôle à ce même endroit. Les moyens que l'astronomie nous
 fournit, pour) il || il mm A ee

D 28 LETTRES: À UNE: PRINCESSE observer la hauteur du
 pole, nous: donnent donc la latitude que nous cherchons: C'est ainfi que les
 observations-astronomiques faites à Berlin, -nous ont appris, que la hauteur
 du pole y est $52^{\circ} 31\frac{1}{3}$: & nous: en avons conclu que la latitude y est aufl
 $52^{\circ} 31^{\circ}$. C'est un -exemple «bien: remarquable, com: ment l'ciel: peut-
 nous-éclaircir. {ur des choses qui ne {ont relatives qu'à la terre, le. S
 Septembre 1761: LEUTT RÉ <CILXL j E passe-maintenant à la longitude;
 & jee, marque , qu'en partant par mer où par terre d'un lieu connu, on
 pourri. trouver aisément la longitude -du lieu où: l'on fera parvenus: rfi Jon
 connoît exactement la longueur du chemin & la route qu'on à tenue; {elle
 peut(même.le trouver. alors sans le {ecours.de:l'astronomie & cela mérite
 bien que j'en explique phis q'ittag tement à V.-A: On mesure la longueur du:
 Lo par piedé ' on fait combien -de pieds.il faut-pour un mille, &. combien
 de milles pour: un. arc d'un-degre dula terre: c'estainfi qu'on pourra
 'exprimer par degrés le chemin :qu'on aura.fait. Roue la route ou la
 direction. du:chemin ,:il faut bien connoître la position.du: méridien.

— nes mc. D'ALLEMAGNE, 29 chaque lieu où Pon se trouve.
 Comme le méridien: va d'un côté au pôle boréal, ou vers le nord, & de l'autre au pôle méridional, ou vers le sud; on n'a qu'à tirer sur l'horizon où l'on se trouve, une ligne droite du nord vers le sud, qu'on nomme la ligne méridienne de ce lieu. Il faut se donner toutes les peines possibles pour tracer bien exactement cette ligne méridienne, & c'est où le ciel doit encore nous servir de guide. V. À. fait qu'il est midi, quand le soleil se trouve le plus élevé au-dessus de l'horizon; or c'est alors que le soleil se trouve précisément vers le sud, & l'ombre d'un bâton fixé perpendiculairement sur un plan horizontal, tombera à l'instant précisément vers le nord; d'où il est aisé de comprendre, comment les observations du soleil nous fournissent les moyens de bien tracer la ligne méridienne, en quelque lieu que nous NOUS trouvions. Ayant tracé la ligne méridienne, toutes les autres directions ou routes sont aisément déterminées. Soit dans la figure ci-jointe, Tab. I. fig. 6 la ligne droite NS la méridienne, l'extrémité N étant dirigée vers le nord: & le bout S vers le sud: À cette méridienne NS, qu'on tire perpendiculairement la droite O'W, dont l'extrémité O sera dirigée vers l'orient, qu'on nomme *off* en allemand, & l'autre extrémité W vers l'occident, qu'on nomme *ve/f*. Après avoir divisé le cercle en seize parties égales, on au

Le riens 30 LETTRES À UNE PRINCESSE ra autant de directions nommées par les lettres y-Jointes, & en cas qu'on fuivé une route qui ne convienne pas exactement avec une de ces {eize, on marque l'angle qu'elle fait avec la méridienne NS, ou avec la ligne O W qui lui est perpendiculaire. C'est par ce moyen qu'on pourra, connoître exactement la route qu'on tient en voyageant; & toutes les fois qu'on est bien aflué de la longueur du chemin, & de la route qu'on aura suivie, il est fort aisé de déterminer le vrai lieu où l'on fera parvenu, & d'en assigner même tant la latitude que la longitude. On fera pour . cela d'une bonne carte géographique qui contienne le lieu d'où l'on est parti, & celui où l'on est arrivé ; & moyennant l'échelle qui; marque la grandeur d'un mille, on pourra tirer sur cette carte le chemin qu'on aura parcouru. La figure ci-jointe Tab. L. fig. 7. représente une carte où sont marqués par degrés les parallèles de gauche à droite & les méridiens de haut en bas, & l'on y voit aussi, que les méridiens sont plus proches les uns des autres en haut vers le nord, qu'en bas vers le sud; comme cela est sur la terre. Cette carte renferme une partie de la surface de la terre depuis 33 degrés de latitude boréale, jusqu'au 9° degré; & depuis 13 degrés de Longitude jusqu'au 26° degré. Supposons donc qu'on soit parti du lieu L, dont la longitude est 16° & la latitude 7° 20' & qu'on ait tenu la route OS O sur laquelle

——— ns nt tft D'ALLEMAGNE. 31 on ait parcouru un chemin de
 7\$ milles d'Al. lemagne.. Pour trouver la longitude & la latitude du lieu où
 on fera parvenu, on tire du lieu L la ligne droite LM, qui fait avec le
 méridien 16, 16, le même angle que fait dans la figure précédente la
 direction O SO avec N. Ensuite, sur cette ligne, qu'on prenne selon la
 échelle marquée dans la carte L M de 7\$ milles d'Allemagne, & le point M
 fera le lieu où l'on fera parvenu. On n'a puis qu'à comparer ce lieu avec les
 méridiens. & les parallèles tracés sur la carte, & l'on verra que la longitude
 tombe très-près du 24° degré, & en mesurant plus exactement la partie du
 degré à ajouter au 24^e degré, on trouvera la longitude du point M de 24° 4.
 Pour la latitude, on voit qu'elle se trouve entre le 55° & 56^e degré, & on
 estimera seulement de 55° 25'; d'où il résulte que du lieu M on est parvenue la
 latitude est 55° 25' & la longitude 24° 4'. J'ai supposé ici qu'on a suivi
 pendant tout le voyage la même route, marquée OS O; mais si l'on
 changeoit de route de temps en temps, on l'auroit qu'à faire pour chaque
 changement la même opération, pour trouver le lieu où l'on a été alors, &
 ensuite, de ce lieu, on tracera la route suivante, jusqu'à ce qu'on l'ait changée
 de nouveau, & ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive au dernier endroit. Par
 ce moyen on fera toujours en état dans les voyages de connaître les lieux
 où l'on arrive, pourvu qu'on

22 LETTRES A! UNE: PRINCESSE fache toujours exactement la route qu'on tient: & qu'on mesure au fil .exactement le chemin qu'ON1: parcourt. On pourroit même se paier alors des Éons de Pastronomie, à moins qu'on n'en eut besoin. pour connoître au Juste la route, ou l'angle qu'elle fait avec la méridienne ; mais l'aiguille aimantée où la bouffole peut souvent suppléer à ce besoin. V. À, lent cependant bien, qu'on-peut de tromper considérablement dans l'estime de la route & de la longueur du chemin, {ur-tout dans de fort longs voyages. Combien de fois ne faut-il pas: changer de: route d'ici à Magdebourg leulement? & comment: mesurer exactement la longueur du, chemin ? Mais quand le voyage de fait par terre ; 'on n'ait pas réduit à cet expédient; on est en état de mesurer par des opérations géométriques les distances des lieux, & les angles que les distances font avec la méridienne de chaque endroit; & c'est par ce moyen qu'on détermine assez exactement la véritable situation de tous les lieux. le 8 Septembre 1761. LEE BC EXT La méthode d'observer la route qu'on tient, & la longueur du chemin parcouru ; semble être d'un tres-grand secours dans les voyages par 5

er nées. montant 2" dnnape D'ALLEMAGNE: 3 3 par mer,
parcequ'on n'y eft pas obligé de changer de route à tout moment, comme
quand on voyage par terre; cat tant qu'on à le même vent, on peut
pourfuivre la même route. Aufli les pilotes qui dirigent les vailieaux, font-
ils très-attentifs à obferver éxaétement la route que tient le vailleau ; & à
mefurer le chemin qu'il parcourt; ils tiennent un journal exact de toutes ces
obfervations, & à la fn de chaque jour, & plus fouvent encore, ils tracent fur
leurs cartes marines le chemin qu'ils ont parcouru , &1Âont en état par ce
moyen de marquer {ur les cartes pour chaque tems, le point ou ils fe
trouvent, & dont ils connoïffent par conféquent la latitude & la longitude.
Aufh tant que le cours fe fait regulièrement, & que le vailleau n'eft pas
agité par quelque tempête, les pilotes ne s'y trompent guères: mais quand ils
font en doute, ils ont recours aux obfervations aftronomiques, d'où ils tirent
la hauteur du pole, qui étant toujours égale à la latitude du lieu où ils fe
trouvent, îls la comparent avec celle qu'ils ont marquée fur la carte,
conformément à l'eftime du chemin, S'ils la trouvent d'accord, leur eltime
elt jufte; s'ils découvrent quelque diférence, ils en concluent avec certitude
qu'ils {e {ont trompes dans lefftime du chemin & de la route; ils examinent
alors l'un & l'autre plus foigneufement, & tâchent d'y. apporter les
corrections néceflaires, pour accorder l'eftime avec l'obfervation de la
hauur du pole, ou de la latitude qui lui eft égale. Tor. TIL. C

somme nes 34 LETTRES À UNE PRINCESSE Cette précaution peut être fuffifante dans de petits voyages, parceque les erreurs qu'on y commet n'y {ont prefque d'aucune conféquence, mais dans des voyages de long cours, ces petites erreurs peuvent s'accumuler au point, qu'à la fn, on fe trompe très-grofhièrement, de manière que le lieu où l'on fe trouve efectivement difère confidérablement de celui où lon s'imagine fe trouver fur la carte. J'ai fuppolé juiqu'ici que le voyage fe fait afez paifiblement : nrais s'il furvient une tempête, pendant laquelle le vaifleau eft affujetti aux plus fortes fecouffes du vent & des flots; il eft bien clair que l'eftime de la longueur du chemin & de la route eft entièrement dérangée, & qu'il n'eft plus poffible de tracer {ur la carte le chemin qu'on aura parcouru. On pourroit bien déterminer par des obfervations aftronomiques, après ce dérangement, la latitude du lieu où l'on {e trouve, mais cela ne découvreroit que le parallele de ce lieu, & on relteroit toujours très-incertain fur le point de ce parallele qui répond au lieu du vaifleau. Il faut donc reconnoître auf la longitude du lieu, qui nous montre le méridien fous lequel il eft fitué: & alors l'interfe“ion de ce méridien avec le parallele trouvé, donnera le véritable endroit du vaifleau. V. À. comprend par-là, combien il eft important de mettre les pilotes en état de découvrir aufli la longitude du lieu où ils fe trouvent. Ce ne font pas feulement les tempêtes qui

Es. cat D'ALLEMAGNE. 3\$ mettent dans cette néceflité; car on peut, le voyage fe faifant pailiblement, {e tromper tres: grofhièrement dans Peftime tant de la route que de la longueur du chemin. Si Pon pouvoit fuppofer que la mer fut en repos, on auroit bien des moyens de s'en afiurer aflez exacte: ment, quoique cela pourroit caufer dés aberrations très-confidérables dans des voyages 'de long cours. Mais la mer a en plufieurs endroits des courans rapides, deforte qu'elle reflémble à une rivière qui court fuivant uñe certaine direction. C'eñt ainfi qu'on a obfervé que la mer atlantique coule continuellement par le détroit de Gibraltar dans la méditerranée; & que le grand océan atlantique, entre l'Afrique & l'A: mérique , a un courant tres-confidérable de lo: rient vers l'occident, tellement qu'on va beaucoup plus vite de l'Europe en Amérique qu'on n'en revient. Si ces courans étoient confians & connus, ce feroit un grand fecours pour régler notre eltime; mais on a obfervé qu'ils font tantôt plus, tantôt moins rapides, & qu'ils changent louvent de direction; ce qui déränge tellement leftime des plus habiles pilotes, qu'on ne fauroit plus s'y fier {ans s'expofer au plus grand danger. On n'a que trop d' exemples, que des vaifeaux croyoient être encore fort éloignés des endroits remplis d'écueïs caches fous la mer, lorfqu'ils y {ont échoués & périis. On s'eft apperçu apres, que les courans de la mer avoient C2

= tien ee mm _v 36 LETTRES À UNE PRINCESSE caufé ces malheurs, parceque l'estime des pilotes en avoit été dérangée. | En effet, lorfque la mer a un mouvement qui la fait couler comme une rivière, fuivant une certaine direction, les vaifleaux qui sy trouvent, {ont emportés fans s'en appercevoir. On s'apperçoit aifément qu'on eft emporté par une rivière en regardant le rivage, ou le fonds: mais en mer on ne voit aucune terre, & la profondeur eft trop grande pour voir le fonds. On ne peut donc pas s'appercevoir {ur mer fi l'on eft emporté, & c'elt pourquoi l'on fe trompe très-groflièrement, tant par la route, que pour la longueur du chemin. Qu'on ait donc égard ou non aux tempêtes, on elt, toujours obligé de chercher d'autres moyens, pour déterminer la longitude des lieux où lon arrive; & c'eft des divers moyens propofés ju{qu'ici pour parvenir à cette connoiffance de la longitude , que j'aurai honneur d'entretenir V5 le 12 Septembre 1761. LEE RECETTE (e: N moyen très-für de trouver la longitude, feroit une horloge, une montre, ou une pendule fi parfaite, c'eft-à-dire, qui marchât toujours fi également & fi exactement, qu'aucune fecouffe ne fut capable d'en altérer le mouvement.

ce. mé À D'ALLEMAGNE. 37 Supposé qu'on fut parvenu à exécuter une telle horloge, voyons comment, parfon moyen, on feroit en ctat de réfoudre le problème des longitudes. Il faut pour cela retourner à la considération des méridiens , qu'on conçoit être tirés par tous les lieux de la terre: V. À. fait, que le foleil fait tous les jours un tour autour de la terre, & qu'il-pañle par conféquent fucceflivement au-deffus de tous les méridiens, dans le tems de vingt-quatre heures. Or Tab. I. fig. 8. on dit que le foleil pañle au-deffus ou par un certain méridien, fi la ligne droite tirée du foleil au centre de la terre Ô pafle précifément par ce méridien. Si donc, à préfent, la ligne tirée du foleil au centre de la terre pafloit par le méridien BLMA, on diroit que le foleil pañle par ce méridien, & alors il feroit midi en tous les lieux fitués fous ce méridien: mais fous tout autre, il ne feroit pas midi dans ce même moment; ce feroit donc avant ou après. Si le méridien BN A ef fitue plus vers l'orient que le méridien BM A: le foleil en faifant fon tour de lorient à l'occident paffera pat le méridien BN À avant que de parvenir au méridien BMA, iül fera donc plutôt midi fous le méridien BNA que fous celui BMA; par conféquent lorfqu'il fera midi {ous ce dernier meridien, le midi fera déjà pañé fous tout autre fitue vers lorient, où iül fera deJa après midi Au contraire il fera encore avant midi fous tout méridien BD A fitue C 3 A . Ds - LA D _ Pr = = LE a = — iscsc - ... - = = EU - = — _ = ie so ee ur é um PE 7 ne à or] - Lan E ta ER mes — - - - QUE UN ITS sut = : À = : ne 1 ; : ————— — = 0 _ PERS " is A - ||| | el

= er ms 38 LETTRES À UNE PRINCESSE plus vers l'occident, parceque le soleil n'y parvient qu'après avoir déjà pañlé par le méridien BMA. bt comme le mouvement du soleil se fait uniformément, & qu'il achève le tour entier de la terre, c'elt-à-dire 360 degrés, en vinetquatre heures, il parcourra chaque heure un arc de 15 degrés. Donc lorfqu'il eft midi à Berlin, & à tout autre lieu fitue fous ce même méridien, le midi fera déjà pañlé fous les méridiens fitues plus vers l'orient; &, en particulier, fous le méridien éloigné vers lorient de 15 degrés de celui de Berlin, il {era deja une heure; fous le méridien éloigné de 30 degrés, deux heures; fous celui éloigné de 45 degrés, trois heures après midi, & ainfi de fuite. Le contraire arrivera aux lieux fitues fous des méridiens plus occidentaux que celui de Berlin; & sil eft midi ici, il ne fera que 11 heures avant midi fous le méridien éloigné de 15 degrés; 10 heures avant midi fous le méridien éloigne de 30 degrés : 9 heures avant midi fous le méridien & cloigne de 45 degrés vers l'occident, & ainfi de fuite ; une différence de 15 degrés entre les méridiens, produifant toujours une heure de difference dans le tems. Pour éclaircir mieux encore ce que nous venons de dire, confiderons les villes de Berlin & de Paris: & puifque le méridien de Berlin eft de 11 degrés 7 min. 15 fec. plus vers lorient que celui de Paris, en comptant une heure pour 15 degrés, cette différence de 11 degrés

ne til ne | — D'ALLEMAGNE: 39 # min. 1\$ fec. donnera 44 minutes & 29 fecondes, ou à-peu-pres trois quarts d'heures. Donc lorfqu'il eft midi à Paris, il fera déjà à Berlin 44 min..29 ec: Dee midi , & réciproquement , lorfqu'il eft midi à Berlin, il fera 11 heures IS min. 31 {ec. à Paris; deforte que le midi n'y arrivera que 44 min. 29 fec. après. D'où l'on voit qu'a chaque moment les horloges à Berlin doivent être plus avancées qu'a Paris, & que cette difference doit faire 44! 29/1, La différence entre les méridiens de Berlin & de Magdebourg eft d'un dévoré 14 min. dont Berlin eft plus à lorient que Magdebourg: cette différence réduite en tems, donne 6 minutes 40 fecondes, que les horloges de Berhn doivent marquer plus vite que ceux de Magdebourg. Par conféquent sil eft midi Magdebourg , & que les horloges, que je fuppose bien réglées, y marquent XIE heures, les horloges de Berlin doivent marquer au même instant 12 heures-6 min, 40 fec., delorte qu'il y foit déjà apres midi. V..A. voit par-là qu'a mefure que les lieux diferent, en longitude, ou qu'ils font .fitués fous des méridiens diférens, les horloges bien réglées y doivent aufli marquer des heures diférentes au même instant, & que cette difference doit être d'une QE entiere, lorfque celle en longitude eft de 1\$ degrés: chaque 15 degrés en longitude ne gifant une. lieure de tems, pour la différence que des horloges C 4 ve eue DER T - — = M] — p > ' ——— REZ = : = Cx ee de mi me ne ornées ts 4 à he . = - mers ve Le == Le ; = En LU - —— + = mm tes. | 1 ut : | | slt (14 [fl | TIM III en LIT! L | Un: | | hill 1} 118 AN ill i 44: : re | en! MUR MOUTURE , 111 L a! | : nl A : ATH non! . JL EU 141 L'AIR | FAR : nl: : . :

© mm = re qe \ 40 LETTRES: A UNE PRINCESSE bien réglées
 doivent marquer dans ces différens endroits au même moment. Si l'on
 vouloit donc se servir d'une horloge pour trouver la longitude des endroits
 par lesquelz on passe, il faudroit d'abord la bien régler en quelque endroit
 qu'on se trouve: ce réglément se fait sur l'observation de midi, qui est le
 moment, où le soleil passe par le méridien de ce lieu, & l'horloge doit
 montrer précisément alors XII heures. Elle doit être réglée tellement
 ajustée que, toujours après vingt-quatre heures, lorsque le soleil retourne au
 méridien, l'indice, après avoir fait deux tours entiers, revienne exactement
 sur XII heures: si cela est bien observé, de telles horloges bien réglées ne
 feront d'accord en différens endroits, que lorsqu'ils sont situés sous un même
 méridien; mais s'ils sont situés sous des méridiens différens, ou qu'il y ait
 une différence entre leurs longitudes, les tems que les horloges marqueront
 au même moment seront aussi différens; en sorte qu'à chaque différence de 1°
 degrés en longitude, répondra une heure entière de différence dans les tems
 marqués par les horloges. Connoissant donc cette différence entre les tems
 que des horloges bien réglées marquent en différens endroits, au même
 instant, on en conclura aisément la différence qui se trouve entre leurs
 longitudes, en comptant toujours 1° degrés pour une heure, & un quart de
 degré pour une minute. le 1^{er} Septembre 1761.

ne = D'ALLEMAGNE. AT L'ESPÉER ETC EXIEVE V7: A. fera moins surprife de la différence du tems que les horloges bien réglées doivent indiquer fous différens méridiens, quand elle réfléchira que lorfqu'il eft midi chez nous, il y a des pays vers lorient, où le foleil fe couche déjà, & que vers l'occident, il y en a où le foleil ne fait que fe lever: il faut donc bien qu'il {oit déjà foir chez ceux-là & encore matin chez ceux-ci au même instant qu'il eft midichez nous. V. A. fait d'ailleurs que chez nos antipodes, qui fe trouvent fous le méridien oppolé au notre, il fait nuit pendant qu'il fait jour chez nous; deforte que lorfqu'il eft midi chez nous, il fera minuit chez eux. Il me fera aifé, après ces éclairciflemens , de faire voir comment une bonne horloge peut {ervir à nous faire connoître la différence des méridiens, foit la différence en longitude de divers endroits. Suppofons que j'aie cette excellente horloge qui, une fois bien réglée, montre tous les Jours exactement le tems * jufté qu'il fait à Berlin, deforte que toutes les fois qu'il eft midi à Berlin, elle indique précifément XII heures : fuppofons encore qu'elle marche fi régulièrement, que je n'aye plus beloin d'y toucher, après l'avoir réglée une fois, & que * Il fant entendre le. tems moyen, dont le rapport au tems vrai et connû par les tables aftronomiques: L'auteur a cri devoir fe difpenfer de faire ici cette diftinction, qui l'auroit mené dans des détails trop longs.

42 LETTRES À UNE PRINCESSE fa marche ne foit point
dérangée foit que je la mette dans une voiture, foit qu'elle foit à bord d'un
vaifleau en pleine mer, expofée à des fecouffes & à toutes fortes
d'agitations. Que je fafle maintenant avec cette horloge un voyage par terre
Où par mer, parfaitement aflüré que cette horloge conferve toujours le
même mouvement, cémme fi j'étois relte Berlin; elle me marquera chaque
jour XII heures au même moment qu'il et midi à Berlin, & cela où que je me
trouve. : Dans ce voyage J'arrive d'abord à Magdebourg : j'y obferve le
foeil lorfqu'il pañle par le méridien, ce qui arrive lorfquil fe trouve
éxaétement vers le Sud; & puifque dans ce moment il fait midi à
Magdebourg ; je regarde mon horloge & je m'appercois qu'elle montre
alors, 12 heures 6 min. 40 {ec. d'où je conclus, que quand il eft midi à
Magdebourg, il eft déjà après midi à Berlin & que la diférence eit 6!. Ao!!
de tems, qui répondent à $1^{\circ}. 40/$ dont le méridien de Magdebourg et plus
vers l'occident que celui de Berlin. Puis donc que la longitude de Berlin eft
 $31^{\circ}. 74 15'$, la longitude de Magdebourg fera de Er 40! plus petite, ou bien
elle fera $29^{\circ}. 27'. 15''$. Je vais de-là à Hambourg, avec mon horloge, à
laquelle je ne touche point, & y obfervant le midi (car je ne me Éerois pas
aux horloges publiques, qui y marquent les heures).. je vois que mon
horloge marque déjà 12 heures 13/. 33//, deforte qu'à Berlin il e

D'ALLEMAGNE. 43 déjà 13/. 33/. après midi, lorsqu'il est midi à
 Hambourg; & j'en conclus que le méridien de Hambourg est de 3° . 23/. $58''$,
 plus vers occident que celui de Berlin: en comptant 15° pour une heure, &
 par conséquent un degré pour 4 minutes de tems, d'où l'on trouve que 13/
 33// de tems donnent 3° . 23! 15//, pour la différence des méridiens. La
 longitude de Hambourg fera donc 27° , 44/. À Hambourg je m'embarque sur
 un vaisseau avec mon horloge, & ayant fait un long voyage, j'arrive à un lieu
 où, attendant le midi (dont je détermine le moment par mes observations
 du soleil), je vois que mon horloge ne montre que 10° . 58! 1\$; delors qu'à
 Berlin il est encore avant midi dans ce moment, la différence étant de 1/
 4\$//; d'où je conclus, que le lieu où je suis arrivé, est plus vers l'orient que
 Berlin &: puisque 1 heure donne 14 degrés, une minute de tems 15/, & 4\$//
 de tems 11'. 15//, la différence des méridiens fera 14° . 26!. 1\$/. Je me
 trouve donc dans un lieu situé plus vers l'orient que Berlin, dont la
 longitude est de 15° . 26/. 1\$//, plus grande que celle de Berlin; laquelle
 étant 31° . 7/. 1\$//, la longitude au lieu où je me trouve fera 46° . 33/!. 30//..
 Ainsi je fais tous quel méridien je me trouve, mais je suis encore incertain du
 point de ce méridien. Pour cet effet j'ai recours aux observations
 astronomiques, & je cherche la hauteur du pôle que je trouve précisément

44 LETTRES 4 UNE PRINCESSE de 41° . Sachant de plus que je
fuis encore dans lhémufphere boréal de la terre, n'ayant point pañle
l'équateur, j'apprens que je me trouve actuellement dans un lieu dont la
latitude eft de 41° boréale, & la longitude $46^{\circ}. 33'. 30!/!$; Je prends donc des
cartes géograNÉGREE jy trace le méridien dont la longitude eft $46^{\circ}: 33/$
 $30//$; je cherche le lieu dont la latitude eft 41° , & je trouve qué ce lieu eft la
ville de Conitantinople , fans que j'aye eu beloin de m'informer du nom de
la ville à qui que ce foit. Ainfi, en quelqu'endroit de la terre que je
parvienne avec mon excellente horloge, j'en déterminerai la longitude, &
enfuite Vobfer: vation de la hauteur du pole m'en montrera la latitude. Je
n'ai alors qu'à prendre un globe terreftre, ou de bonnes cartes
géographiques, & il me fera aife de marquer le point qui répond au lieu où
je me trouve, quelqu'inconnu que me foit d'ailleurs le pays. Il eft bien
malheureux que les plus habiles horlogers n'ayent pas encore pu réuflir à
faire des horloges auflí excellentes que cette méthode l'exige. (On trouve
bien de très-bonnes pendules, mais elles ne marchent réguliérement,
qu'autant qu'elles font fixées dans un appartement tout-a-fait tranquilles les
moindres fecouffes & les plus légers ébranlemens étant capables de les
déranger: ces pendules lont donc abfolument inutiles pour les voyages.
Auflí comprend-on aifément, que le

D'ALLEMAGNE. 4\$ mouvement du pendule qui en règle la marche, ne fauroit souffrir les agitations auxquelles il feroit exposé dans le voyage. Ily a cependant environ dix ans, qu'un ouvrier Anglois s'elt vanté d'avoir conftruit une hor- Il loge infenfible aux fecouffes du voyage, & | ème on a prétendu, qu'après l'avoir fait courir long-tems dans un carofle, on n'y avoit pas remâqué le moindre dérangement; fur quoi l'inventeur reçut une partie du prix deitiné à la découverte de la longitude, & le refte devoit lui être payé, après l'épreuve d'un long voyage par mer; mais depuis ce tems les gazettes n'en ont plus parlé; d'où il eft à préfumer, que cette entreprife a. échoué comme quantité d'autres faites pour ce deffein. os au Dé" um te ee A me A mm AR a per eue 1 Hi 11 : || | le 19 Septembre 1761. LE TER EACE XV: À défaut de l'excellente- horloge, 'dont, j'ai eu lPhonneur de préfenter une idée à V. A., on a regardé jufqu'ici les éclipses de lune com. me le moyen le plus sûr pour découvrir les longitudes; mais ces phénomènes arrivent fi rarement, qu'on ne peut pas s'en fervir toutes les fois qu'on en à befoin. 1 V. À. fait, que la lune s'éclipse lorfqu'elle [Al

46 LETTRES À UNE PRINCESSE parle par l'ombre de la terre: on peut remarquer alors le moment où la lune commence à s'y enfoncer & celui où elle en sort; le premier est nommé le commencement de l'éclipse, & l'autre la fin; & quand on les observe tous deux, le temps moyen entre eux est nommé le milieu de: l'éclipse. La lune s'enfonce quelquefois toute entière dans l'ombre de la terre, & reste pendant quelque temps tout-à-fait invisible; c'est alors une éclipse totale, pendant laquelle on peut remarquer de moment où la lune disparaît entièrement, & celui où elle recommence à sortir de l'ombre; celui-là est nommé commencement de l'obscurecissement entier, & celui-ci la fin: Mais quand il n'y a qu'une partie de la lune qui soit obscurcie, cette éclipse s'appelle partielle, & on ne peut y remarquer que les moments du commencement & de la fin. V: A. faire d'ailleurs que les éclipses de lune n'arrivent qu'au temps des pleines. lunes & assez rarement. | Quand donc on observe une éclipse de lune en deux lieux différents, situés sous différents méridiens, on y verra bien le commencement de l'éclipse au même moment, mais les horloges ne marqueront pas la même heure ni le même temps: je parle des horloges bien réglées, dont chacune montre précisément XII heures, lorsqu'il est midi au lieu où elle se trouve. -Si ces lieux sont situés sous le même méridien, les horloges montreront bien le même temps, au commencement & à la fin de

D'ALLEMAGNE. 47 l'éclipse: mais si les deux méridiens sont éloignés l'un de l'autre de 15 degrés, ou que la différence de leurs longitudes soit de 15°, les horloges doivent différer d'une heure c'est-à-dire, du commencement de l'éclipse jusqu'à la fin, l'horloge du lieu situé plus près de l'orient montrera une heure de plus que l'autre; la différence de 30° en longitude, causera celle de deux heures dans le temps marqué par les horloges; & ainsi de suite selon la table ci-jointe. ROSES MER ALT) TSO dits Er Atos Différence en Longitude, nu 15 degrés font 1 heure. 20 ES ce ph 2 AIS SALES 0 2 3 69: ditsaier 4 SR AIS UNE EU CRUE 90 Hiditsr:scetr 16 7 M2O1HEdits Nc tte 2 Soit s'éroque 9 150 dits 10 LO Sn CES 5 in Si donc la différence en longitude est de 150°, les horloges différeroient de 10 heures du commencement à la fin de l'éclipse.

48 LETTRES À UNE PRINCESSÉ Ainsî quand: on observe la même éclipse: est deux endroits différens, & qu'on marque exactement le tems de l'horloge au moment du commencement de l'éclipse, on pourra conclure de la. différence entre les tems marqués, combien ces lieux diffèrent en longitudes. Or, celui où le tems est plus avancé, sera situé plus vers l'orient, & par conséquent sa longitude plus grande, puisqu'on compte les longitudes de l'occident à l'orient. C'est aussi par ce moyen qu'on a déterminé la longitude des principaux lieux de la terre, & qu'on a dressé les cartes géographiques conformément à ces déterminations. Mais il falloit toujours comparer les observations faites dans un lieu dont la longitude n'étoit pas encore connue, avec celles qui ont été faites dans un lieu connu, & attendre jusqu'à ce qu'on put faire cette comparaison. Si j'étois donc parvenu, après un long voyage, à un lieu inconnu, & que l'occasion se présentât de observer une éclipse de lune, cela ne me serviroit de rien pour connoître d'abord ma longitude; ce n'est qu'à mon retour, que je pourrois comparer mon observation avec une autre faite dans un lieu connu, & j'apprendrois ainsi trop tard où j'étois alors. L'enjeu est de pouvoir m'éclaircir sur le champ la-dessus, pour prendre mes mesures. Aussi peut-on se satisfaire depuis qu'on connoît { exactement le mouvement de la lune, qu'on est en état; non-seulement de prédire toutes

The text on this page is estimated to be only 46.65% accurate

|| A ———) D'ALLEMAGNE. : ! 49 — 7: toutes les: éclipses;
mais :de marquer le mo: ment du commencement & de la fin, fuivant
l'horloge. d'un lieu connu. V. À. fait que nos almanacs de Berlin marquent
toujours le commencement, & là 'fin de chaque éclipse, fuivant l'horloge
de Berlin. On peut donc, quand"on veut faire -un long Voyage, acheter un
almanac de Berlin, & fi l'occafion fe présente d'oblérver une éclip{é de
lune dans un endroit inconnu, il faut en marquer exactement le tems
{wivant une montre bien 'reglée lur:midi,:@ comparer les: 'momens: du
commencement:@de H:fin de l'éclipse avec: ceux-ded'almanac,
pourisaflürer dé la dife: rèce entre l'ermieridienide: Berlin-:celui qui pañle
: par endroit oùPon fe trouver IL de trouve cependant dans cette méthodes
outre:la rareté:des échipses de lunes l'inconvénient de nespouvoir/:pas
distinguer afez exactement le:moment; du commencement ou de la fin
desléohinée qui arrivent prèsque infenfiblement, & qu'on peut bien fe
tromper: de plusieurs fecondes:: Mais comme Perteur fera àpeu-près la
même !pour la <fino@& pour le commencement, on cherche le:milièu entre
les deux :momens oblervés ; qui: fera: celui de leclipse, & ow:le compare
enfuite avec. celui que l'almanac marque pour Berlin; ou pour un autre lieu
connu: Et fi les almanacs de l'année fuivante né font pas 'encore 'imprimés,
quand on veut voyager,:ou; que le: voyage !'ait. à' durer quelTom. III. D ee
Rs... PIRE Te lemen e : = En. es ee . = Re | il HE 1 DER pee a gr | i } L . h ;
14 at 0 14 : 1 | 1 4 : 1h . (5 | mue ! & - 1h : L U | : UE au : À qui il : ! HI :
44 ! LD 1 PI : L | L : at k : | dl { F H'EN : Wii ! % Art * 1 un LR pu L# 1h 1
41h qi 0 L " MER | il 1h £ L: nl P n n! { | | k L | n \ ch 4 t ; k) p r! À Î \$ (H
LE L M ©! HA y ! LUNA UA { } L ; 4 { 1 14 | | Aile A : : "À If || ARR | :
ARE 4. TU : : Î | j | TM El LINE OR ' LL EU A [UUCRE [| 1 | Lei | 1 1 LA
| : À : } L | { | { Î | | | | n 4 g ! | (f 44 | À } IA! re L »4 L 1 Ton ' | { | ' f mn
L 4 4 J :) M4 | | \ L | } t'HE «TU È LE LANTERNE | : : E 1 à \ , 4 | | NA! | "
" 1 | I | R QUIL IAE ! Lai L | Ut 14 14 tir s | U ou j e , ' | 4 h | \ 19 ! | L PI
LUE | ll) : 1 fl Î 1 ÿ : | 1 H | | f 1 LOUE | | : : : Î { L 11 : 10 Ar u L | | : 'un A !
14 DA | 1 su" 1# [| ÿ | | x d o 27 1H ' 1 L t

= tien 0 LETTRES. À UNE PRINCESSE ques abnées:, on trouve des Hvresoù:les éclip= {es font .déjà: calculées pour plufieurs années! de fuite: JIIIIOS er: le :22 Septembre 176% UE TITI R Eu CEXVL Les éclipfes de foleil peuvent encore fervir: à déterminer :les:! longitudes, “mais d’une: autre mamière;: qui demande ‘des: recherches plus profondes, parce que:le: {oleil:dui-même’ne {outire alots :aucun-obfcureciffement; ce :n’eft que la lune qui fe metcdevant lui;-& qui‘empêche es rayons ide : parvenir jufqu’à nous, comme: quand: on porte: un parafol::pour: s’em garantir, Ce qui n’empêche: pastque d’autres n’en voyenttout l’éclat. : Auf la lune ne cou: vre-tielle le Holeil qu’à: une partie des habii tans- dela: terre, :& nous pouvons voirune éclipfe:-decfoleilsà Berlin, pendant que fa : lu: mière - n’épronve aucumaffoibliffement à Paris: Maisila lune-eftréellement éclipfée par: l’ombre dela: terre; {a propre lumière en eft diminuée-ou éteinte, d’où réfulte’ que. les éclip: {es.-de lune {ont vues de: la même maniere; par-tout où elle fe trouve. fur l’horizon au tems de léclipfe. Il n’échappe pas-à-la pénétration de V. A: que s’il y avoitau ciel d’autres corps qui fouf

D'ALLEMAGNE. | si friflent de tems-en-tems
quelqu'obfcurcifément réel, ils pourroient être 'employés avec lé: même
fuccès que les' éclifpes de lune, à déterminer les longitudes. Les 4atellites
de: Jupi: ter qui pañlent fl fouvent dans l'ombre de leur planète, qu'il ne fe
pañle prèfque point de nuit, qu'il ny en ait um d'échipfé;: peuvent être mis
dans ce rang, enforte que leurs échp: fes nous fourniflent un moyen
très=propreaà déterminer les longitudes; : aufft les' aftrono: mes s'en
fervent:ils avec grand füccès. V. À. fait que Jupiter a quatre fatellites qui
font leurs révolutions autour dé lui:,-chacun dans fon orbite,: comme jé le
repréfente ici Tab. IL. fis. 1. par les cercles décrits autour de Jupiter: j'y ai
repréfenté'auflì le' foleil', pour marquer l'ombre'A°OB derrière le corps de
Jupiter. On voit dans cette figure le pre: mier fatellite marqué E pret à
entrer! dans l'ombre, le fecond marqué 2-vient d'en {ortir, le troifième 3 eft
encore fort éloigné d'y entrer, & le quätrième 4 en eft forti des longtems. a à
| Sitôt qu'un des fatellites entre dans l'ombre, il devient invifible & aflez
promptément; deforte qu'en quelqu'endroit que fe trouve la terre, on voit.
éclifpér fubitement le fatellite qu'on avoit vû jufques:là aflez -diftinguement.
Cette entrée d'un fatellité dans l'ombré de Jupiter eff nommée zwmersion
&'fa fortie de l'ombre da Cell alors qu "of 'voit! repaDre!

ee ins s2 LETTRES À UNE PRINCESSE roitre'fubitement
 le'fatellite qui à été invifible pëndant quelque tems. Les immerfions & les
 émerfions font égale. ment propres à déterminer les longitudes, puil: quelles
 arrivent dans un moment marqué; de {orte:que quand:on:obferve un tel
 phénomène en plufieurs lieux, diférens de la-terre, on doit trouver dans.les
 tems marqués felon les horloges de-chaque lieu, autant-de diference , que
 l'exigé, celle qu'il y.a entre les méridiens. Il en eft de même que fi l'on
 obfervoit le commencement ou la fin d'une éclipfe de lune; & Ja chofe elt
 alors {ans aucune-difhculté; on eft déjà parvenu: depuis quelque tems à
 prédire ces échipfes des fatellites de Jupiter, c'eft- à - dire, leurs immerfions
 & leurs émerfions , & on n'a qu'à comparer le tems obfervé avec le tems
 calcule pour un lieu connu, comme Berlin, pour conclure d'abord
 l'éloignement de fon méridien avec celui de Berlin. Aufli fe fert-on par-tout
 de cette méthode dans les voyages par terre; mais on-n'a pas encore trouvé
 moyen d'en profiter {ur les vaifleaux , où le beloin en eft bien plus
 important pour être afluré du lieu où l'on eit. Si l'on pouvoit voir des yeux
 les fatellites de Jupiter aufli bien que la lune, cette méthode n'auroit aucune
 difficulté fur mer; mais on ne le-peut qu'à travers d'une lunette de 4 ou s
 pieds.au moins, circonftance qui caule un obffacle invincible. V. A. fait
 combien il faut d'adreffe quand on

Dee. 4 7 D'ALLEMAGNE. 53 Je fert fur terre d'une lunette un peu longue; pour la diriger vers l'objet qu'on veut contempler, & pour l'atenir fixe; fans perdre l'objet; elle en conclura donc, qu'un vaifleau étant dans une agitation continuelle , il doit être présqu'impoſſible de- découvrir feulement Jupiter; & que quand on l'auroit trouvé, on le perd de vue au même instantt Or pour bien observer l'immerſion ou l'émerſion d'un fatellite de Jupiter, il faut abſolument qu'on puiffe le regarder fixement pendant quelque tems; & cela n'étant pas poſſible en mer, il paroît qu'il faut renoncer à cette méthode de determiner les longitudes. Il y a cependant deux moyens de remêdier à cet inconvenient ; l'un de trouver des lunettes de fix pouces ou moins encore, qui decouvriroient aſſez diſtinctement les fatellites de Jupiter; & il n'eſt pas douteux qu'il ne ſoit beaucoup plus aisé de les manier que celles de quatre à cinq pieds de long. On travaille actuellement avec un grand ſuccès a la perfection de ces lunettes; mais il relie à favoir ſi: elles ne demanderont pas autant d'adrefle pour les diriger, que les ordinaires qui ſont plus lon: gues. L'autre moyen feroit de {e ménager fur le vaifleau un fiége ſi fixe & ſi immobile , qu'il wen reflentit point les 'agitations; 41 femble qu'un balancement adroit.pourroit conduire à ce but. Eneffet:, il n'y a pas long-tems que nous avons lu dans les gazettes, qu'un Anglois

s4 LETTRES À UNE PRINCESSE - prétendoit avoir inventé un
fiége ou chaise telle, qu'il prétendoit par-la au! prix proposé sur la
découverte des longitudes.. Il avoit raison, puisqu'on pourroit. par ce moyen
observer en mer les immerfions & émerfions des fatellites de Jupiter , qui
font sans -doute très- propres pour. les déterminer: mais dès-lors on n'en a
plus entendu parler. V. À. jugera aisément d'après cela, à combien de
difficultés la découverte des longitudes est sujette. le 26 Septembre 1761.
LETTRE CEXVATL. Au ciel nous fournit encore une ressource pour
parvenir sans lunettes à la découverte des longitudes, à laquelle les
astronomes paroissent donner la plus grande confiance. . C'est la lune, non-
seulement quand elle est éclipsée, mais toujours, : pourvu qu'elle soit
visible; avantage immense, -puisque les éclipses sont si rares, & que
les immerfions & les émerfions des fatellites de Jupiter n'arrivent pas à
notre gré; par: ce qu'il s'écoule tous les ans un tems considérable, pendant
lequel la planète de Jupiter n'est pas visible, au lieu que la lune s'offre
presque toujours-à notre vue. V. Asaura sans-doute déjà remarqué que la
lune se lève tous les-jours presque trois quarts Pa

D'ALLEMAGNE. | s\$ d'heure plus tard, parcequ'elle n'est pas attachée à un lieu fixe relativement aux étoiles fixes, qui conservent toujours la même situation entr'elles, quoiqu'elles paroissent emportées par le ciel; pour achever chaque jour leur révolution autour de la terre: Je parle à ci selon les apparences ;: car C'est la terre qui tourne tous les jours. autour de son axe ; tandis que le ciel & les étoiles fixes demeurent en repos; & que le soleil. & les planètes changent. continuellement de place à l'égard des étoiles fixes. La lune fait parmi les étoiles, d'un. jour à l'autre, des changemens de place: très considérables, devient propre à déterminer les longitudes. Si Von voit aujourd'hui la lune 'près d'une certaine étoile fixe, elle en paroîtra demain, à la même heure, très-considérablement éloignée vers lorient, & la distance surpasse même quelquefois 15 degrés.: La vitesse de son mouvement 'est pas toujours la même, cependant on est parvenu à la déterminer très-exactement pour tous les jours ; ce qui nous met en état de connoître d'avance sa vraie place dans le ciel, pour-toutes les heures du jour, en rapportant les heures aux horloges qui: sont sous un méridien connu, tel; par exemple, que: celui de Berlin ,: ou de Paris: Supposons donc, qu'après un-long voyage je me trouve en mer dans un lieu tout-à-fait inconnu, & voyons comment je pourrai me servir de la lune-pour connoître la longitude du lieu -où je suis car il n'y a aucune diff

TT a c6 LETTRES À UNE: PRINCESSE culté pour la latitude,
 pas même fur:mer, où lon a des moyens aflez {ûürs pour obferver la hauteur
 du pale ; à laquelle :la latitude eft touJourségale. Toute mon attention {e
 dirigera donc.fur la lune, Je:la comparerai ayec les étoiles fixes qui-enc{ont
 plus-pres , & j'en conclurai la véritable: ‘place relativement à elles. V. A.
 fait qi’on: a des globes céleftes, {ur lefquels. toutes-les-étoiles fixes font
 marquées, & qu'on fait aufh des cartes céleftes femblables aux cartes
 géographiques, fur lefquelles on re: préfente les:éroiles fixes qui fe trouvent
 dans une certaine partie du ciel. ‘En ‘prenant donc une carte célefte, où les
 étoiles fixes, dont la June, eft voifine, font ‘exprimées, il me fera aie d'y
 marquer le:vrai lieu où la lune fe trouve alors;:& ma montre, que J'aurois
 bien réglée là ,: après yravoïr obfervé le midi, me marquera le-tems de cette
 obfervation.. Puis, par la connoïflance:du mouvement de la lune, je calcule
 pour Berlin à quelle heure la lune a dû paroître au même.lieu du ciel; où je
 lai vue. Si le tems obfervé convient parfaitement avecle tems de Berlin, ce
 fera une marque que le:lieu où je: fuis’ eft exactement fous le méridien de
 Berlin, & que. par confequent la longitude eft la même, Mais fi le tems.de
 mon obfervation elt différent de celui: de Berlin, cette différence m'indiquera
 celle: qui eftentre les méridiens; & comptant: 1\$ degrés pour chaque heure
 de tems, je conclurai de combien la longitude: de cet endroit eft: plus ou
 moins grande que celle

D'ALLEMAGNE. §7 de Berlin: la longitude du lieu qui a le tems le plus avancé, étant toujours la plus grande. Tel est le précis de la manière de déterminer les longitudes par les simples observations de la lune.. Je remarque que les plus heureux momens pour mieux réfléchir dans cette opération. & bien déterminer le lieu de la lune, sont, lorsqu'une étoile fixe se cache derrière la lune; on nomme cela occultation, & il y a deux momens à observer, celui où la lune par son mouvement couvre l'étoile, & celui où l'étoile reparoît. Les astronomes sont très-attentifs à bien saisir ces momens des occultations pour en conclure le vrai lieu de la lune. Je m'attends cependant à une objection de là part de V. À. à l'égard de la montre ou de l'horloge, dont je suppose que notre observateur sur mer est muni; après avoir soutenu l'impossibilité que des horloges soient assez parfaites pour marcher toujours également malgré les secousses du vaisseau: 3 Mais-cette impossibilité ne regarde que les horloges qui restent justes pendant un très-long intervalle de tems, sans qu'on ait besoin de les régler: or pour les observations dont il s'agit ici, une montre ordinaire peut être suffisante, pourvu qu'elle marche uniformément pendant quelques heures, après l'avoir bien réglée sur le midi du lieu où l'on se trouve; quand on doute que l'on y puisse encore compter le jour ou la nuit, lorsqu'on observera la lune, les étoiles nous fourniront aussi des moyens très-utiles pour la régler

PT ms 1 PR ie 53 LETTRES À UNE PRINCESSE de nouveau.
Car puifque la fituation du foleil par rapport aux étoiles fixes nous elt
parfaitement connue pour tout tems, J'obfervation feule de quelqu'étoile
fufhit pour déterminer le lieu où le foieil doit {e trouver alors, d'où nous
pouvons conclurre l'heure que l'horloge , bien règlée, devoit montrer. Ainfi,
au même infant où nous aurons fait lobfervation de la lune, nous fommes
en état de régler auflî notre montre par lesétoiles, & toute montre elt cen{ce
marcher régulièrement pendant un: fr petit intervalle. le 29 Septembre 1761.
Li RER Er CLR TER C'erre dernière méthode de trouver les lonoitudes ,
fondée fur les obfervations de la lune, {emble mériter la préférence ,
puifque les autres font aflujetties à trop de dit houltés, ou que loccafîon de
s'en ro eft très-rare. Et V. À. comprend aflez que le fuccès dépend
uniquement du. grand degré de précilion dans les opérations, & que
les.erreurs qu'on pourroit commettre , conduiroient à des conclufions {ur
lefquelles on ne fauroit compter. - Al eft donc fort important d expliquer à
V. À. quel degré de précifion on peut 'efpérer d'atteindre en | mettant cette
methode en ulage, fondée {ur le | changement confidérable que la lune
éprouve

ble. cmt 2 D'ALLEMAGNE. 9 d'un jour à l'autre dans fa place, nous pouvons conclurre de cette méthode, que fi le mouvement de la lune étoit plus rapide, il feroit plus propre à nous découvrir les longitudes, & nous procureroit un plus haut degré de précifion. Que fi, au contraire, il étoit beaucoup plus lent, & que nous ne puflions prèfque pas difcerner {on changement d'un jour a l'autre, nous ne faurions en tirer aucun {ecours pour la connoiffance des longitudes. Suppoions donc que la lune change de place parmi les étoiles fixes de 12 degrés en 24 heures ;. puifqu'en effet fon changement eit ordinairement plus confidérable ; elle changera donc d'un degré en 2 heures, & d'un demidégré foit 30 minutes en une heure; fi nous nous trompions dans l'obfervatipn d'un lieu de la lune de 30 minutes, ce feroit comme fi nous oblervions la lune une heure plutôt ou plus tard, & nous commettrions l'erreur d'une heure dans la conclufion, fur la diférence des méridiens. Or une heure de diférence dans les méridiens répond à 15 degrés dans leur longitude; par conféquent nous nous tromperions de 15 degrés dans la longitude même du lieu que nous cherchons; ce qui feroit fans-doute une erreur fl énorme ,. qu'il vaudroit préfqu'autant ne rien favoir du tout; & la feule eltime du voyage, c'est-à-dire, du chemin & de la route, quelque'incertaine qu'elle fut, ne nous Jetteroit jamais dans une erreur fi groflière. Auf: faudroit-il être bien mal-adroit pour {e tromper

60 LETTRES À UNE PRINCESSE de 30 minutes fur la place de la lune, & les inftrumens dont on fe fert devroient être bien mauvais, ce qui n'eft pas à préfumer. Cependant, quelque excellens que foient les inftrumens, & quelques {oins qu'on y apporte, il eft impoffible d'éviter toute erreur, & il faut être bien habile pour ne pas fe tromper d'une minute dans la détermination du lieu de la lune. Or, puifqu'il change de 30 minutes dans une heure, il changera d'une minute en deux minutes de tems. Quand donc on ne fe trompe que d'une minute dans le lieu de la lune, ãl en naîtra dans la diférence des meéridiens l'erreur de deux minutes. Et une heure foit 60 minutes répondant à 1\$ degrés dans la longitude, il en réfultera l'erreur d'un demi-déere dans la longitude, & ce degré de précifion pourroit bien être fuffifant, pourvu que nous puiffions y atteindre. J'ai fuppoié jufqu'ici notre connoiffance du mouvement de la lune fi parfaite, que pour un méridien connu, nous pouvons determiner le vrai lieu de la lune pour chaque moment, fans erreur; mais nous fommes encore fort éloignés de ce point de perfection. Il n'y a pas encore 20 ans qu'on fe trompoit de plus de 6 minutes dans le calcul, & ce n'eft que déslors, que l'habile profenfeur Mayer à Göttingue, pourfuivant la route .que j'avois propolée, eft parvenu à diminuer cette erreur au-deflous d'une minute. Il pourroit donc bien-arriver que du côté du calcul nous commiffions auili l'er———

D'ALLEMAGNE. Si l'erreur d'une minute, qui jointe à celle d'une minute commise dans celle de l'observation du lieu de la lune, doublera celle qui en résultera sur la longitude du lieu où nous nous trouvons, & par conséquent elle pourroit bien monter à un degré entier: il est bon de remarquer encore que, si la lune parcourroit en 24 heures un espace plus grand que ne font 12 degrés, l'erreur dans la longitude feroit moins considérable. On trouvera peut-être moyen de diminuer encore les erreurs auxquelles nous sommes assujettis dans l'observation & dans le calcul; alors cette méthode nous conduiroit la longitude à moins d'un degré près. Mais on peut espérer d'arriver dans cette perfection à un plus haut degré de précision. On n'a qu'à faire plusieurs observations, & ce qui peut se faire plusieurs jours dans un endroit: il n'est pas à craindre alors que toutes les conclusions soient également fautive, quelques-unes, marqueront la longitude cherchée trop grande, d'autres trop petite; & prenant un milieu entre toutes les conclusions, on pourroit être sûr que cette longitude ne différerait pas d'un tiers de la vérité. Les Anglois qui ont voulu par générosité encourager cette découverte, y ont mis un triple prix; le premier de 10000, le second de 15000 & le troisième de 20000 livres sterling. Le premier est dévolu à celui qui aura trouvé les longitudes à un degré près: de manière qu'on puisse être sûr que l'erreur ne surpasse pas un

À 62 LETTRES 'A UNE! PRINCESSÉ degré. Le second à celui
 qui satisfera encore plus exactement à la question, en sorte que l'erreur ne
 surpasse jamais deux tiers de degré ou 40 minutes. Le troisième fera donné à
 celui qui sera capable de déterminer les longitudes si exactement, que
 l'erreur n'aille jamais au-delà d'un demi-degré soit trente minutes: l'on ne
 demande point un plus haut degré de précision. Ces prix se trouvent encore
 dans leur entier, outre la portion délivrée à l'horloger qui prétendoit avoir
 fait des montres parfaites. Mr. Mayer demande actuellement le plus haut
 prix ; & Je crois qu'il y'a droit. le 3 d'Octobre 1761. ETES NES a —————
 LET PRIT CCLXEX: V7. A: doit être suffisamment instruite sur la
 découverte des longitudes: j'ai eu l'honneur de lui exposer plusieurs voyes,
 qui peuvent conduire à leur détermination. | La première & la plus naturelle
 est d'observer soigneusement le chemin & la direction du voyage; mais les
 courants & les tempêtes, auxquelles on est souvent exposé en mer, rendent
 cette méthode impraticable. La seconde demande la construction d'une
 horloge si parfaite qu'elle marche toujours uniformément: non-obstant les
 secousses du voyage

D'ALLEMAGNE. 63 ge ; ouvrage que les artiftes n'ont pas trouvé encore le moyen d'exécuter. La troifième elt fondée fur l'obfervation des éclipses de lune, qui rempliroit tous les délirs fi loccafion n'en étoit pas fi rare, qu'on ne peut pas s'en fervir au befoin le plus preflant. La quatrième refarde les éclipses des fatellites de Jupiter; qui feroient très-propres à ce deffein, fi Von trouvoit le moyen de fe fervir fur mer des lunettes fans lefquellés on ne fauroit les voir. Enfin les obfervations de la lune même nous ont fourni lacinquième; qui paroît la plus praticable; pourvu qu'on foit en état d'obferver fi exactement le lieu de la lune dans le ciel, que les erreurs, qu'on ne fauroit éviter, ne furpaflent Jamais une minute, pour être {ür qu'on ne {e trompe pas' de plus d'un degré dans la détermination de la longitude. C'eft fur ces cinq méthodes ; que ceux qui ont travaillé jufqu'ici {ur cette queftion ;: ont principalement dirigé leurs fpéculations , mais il enelt encore une fixième, qui femble auf propre à! nous conduire 'à la réfolution de ce problème ;:fi elle eft mieux cultivée; & qui peut-être nous fournirt un jour le plus {ür moyen de trouver: les Longitudes ;] quoiqu'en ce moment; nous en foyons fort éloignés enCOre. Elle n'eftpastirée du ciel, mais uniquement attachée: à la'terre, étant fondée {ur la nature de d'aimant & de la bouffole!*" Son explication

_ ttiitinnnnn 64 LETTRES.-A UNE PKINCESSE m'ouvre une
 nouvelle carrière pour-entretenir V. A. sur l'important article de la: physique,
 qui regarde la. force magnétiques. &: j'espère qu'elle fera charmée
 d'honorer de son attention les éclaircissements: que. j'aurai l'honneur de lui
 présenter là-dessus. Mes réflexions. ne porteront que sur le sujet dont il
 s'agit ici, .c'est:à-dire, sur la découverte des longitudes, & pour cet effet je
 remarquerai en général, que.l'aimant est une pierre qui a la qualité d'attirer
 le fer & de {e diriger {elon une certaine direction ;.-& qu'elle
 communique la même qualité au fer & à, l'acier, quand on le frotte .ou
 touche seulement d'un aimant; me proposant.de . mieux approfondir dans la
 suite. cette qualité, & d'en expliquer la nature. Je commencerai donc par
 donner la description d'une aiguille aimantée, qui, montée d'une certaine
 manière pour l'usage de la navigation, porte le nom de boussole. . Pour cet
 effet on fait fabriquer avec: de bon acier une aiguille à-peu-près de la fig.:2.
 Tab. II. dont:le bout B est pointu pour mieux le distinguer de l'autre A ;
 elle.est munie au milieu. G d'un petit chaperon creusé par le bas, pour
 mettre l'aiguille {ur un pivot ou pointe D; comme on peut le voir par la
 seconde figure. Les deux parties s'ajustent de manière que l'aiguille étant
 dans un parfait équilibre, puisse tourner librement ou rester fixe sur le pivot,
 en quelle situation qu'on la mette. -Avant que | de

D'ALLEMAGNE: 6\$ de l'aimanter , il est bon de la tremper; pour la rendre au dur qu'il est possible; puis en la frottant ou la touchant d'un aimant excellent elle fera d'abord magnétique. Les deux bouts ne se balanceront plus, mais l'un comme B descendra comme si étoit devenu plus pesant; & pour la rétablir en équilibre il faudroit ôter quelque chose du bout B, ou ajouter un petit poids à celui A ; mais les ouvriers prévoyant ce changement causé par le magnétisme, font dès le commencement le bout B plus léger que celui A, afin que l'éguille aimantée prenne d'elle-même la situation horizontale. Elle acquiert alors une autre propriété bien plus remarquable ; elle n'est plus indifférente à toutes les situations, comme auparavant; mais elle en affecte une préférentiellement à toutes les autres, & se dispose d'elle-même de manière que le bout B est dirigé à-peu-près vers le nord; & le bout A vers le sud: & la direction de l'éguille aimantée se rapporte à-peu-près avec la ligne méridienne V. A. se foyant que, pour tracer la ligne méridienne qui nous montre le nord & le sud, il faut recourir aux observations astronomiques, puisque le mouvement du soleil & des étoiles détermine cette direction; & que quand on n'est pas pourvu des instrumens nécessaires, & surtout quand le ciel est couvert; on ne fauroit tirer aucun secours du ciel Pour tracer la ligne méridienne 3 cette propriété de l'éguille aimantée est donc d'autant plus admirable j Toin. III, E

66 LETTRES À UNE PRINCESSE qu'elle nous montre en tout tems & en tout lieu la direction vers le nord, d'où dépendent les autres vers left, fud:& oueft; c'est pour: quoi l'ufage de l'éguille aimantée ou de la bouffole eft devenue univerfelle, étant abfolument néceffaire dans plufieurs occafions de connoître ces principales directions du globe. C'est dans la navigation que la bouffole procure les plus grands avantages; le cours d'un vaiffeau devant toujours être dirigé vers un certain côté du monde, pour marcher vers un lieu propoîé, conformément aux cartes geographiques ou marines, qui nous marquent la direction du cours qu'il faut tenir. Aufli n'étoit-on point en état avant cette decouverte d'entreprendre de longs voyages par mer; à peine oïtoit-on s'éloigner des côtes, & dès qu'on les perdoit de vue, on rifquoit de s'égarer, à moins que le ciel ne fut clair & que les étoiles ne montraient les côtes du monde. Un vaiffeau en pleine mer, fans connoiffance des côtés du globe, fe trouve précifément dans l'état d'un homme: qui, les yeux bandés, devroit marcher vers l'églife du dome; à Magdebourg; cet homme croiant aller d'un -côté, iroit vers un autre. La bouffole eft donc le principal guide dans la navigation; & ce n'est qu'après cette importante decouverte ; qu'on a hazardé de traverser le grand océan, & decouvert le nouveau monde: & que feroit un pilote fans bouffole, pendant ou après une tempête, quand il ne peut tirer aucun fecours du

RR.. ...— ii D'ALLEMAGNE: 67 cicl, quelque cours qu'il tienne, il ne fauroit pas s'il marche vers le nord, vers le fud, où quelque autre côte du monde? Ils'égareroit bientôt au point de ne pouvoir plus se fauver. Mais la bouffole le tire d'abord de cet embarras, & l'empêche de s'égarer en lui indiquant les côtés du monde. V. A, jugera donc combien la découverte de l'éguille aimantée ou de la bouffole est importante. le 6 d'Olfobre 1761. D'ERET RE CLXX: JUOIQUE l'aiguille aimantée affecte: la situation d'être dirigée du sud vers le nord, il ya des causes accidentelles, capables de déranger cette direction, qu'il faut éviter très-foigneusement. C'est le voisinage de quelque aimant; fer, ou acier. V: À. n'a qu'à présenter un couteau à une aiguille aimantée, elle quittera d'abord sa direction naturelle, pour aller vers le couteau, & en faisant tourner le couteau autour de l'aiguille, on lui fera prendre toutes les directions possibles.: Pour être donc assuré que l'aiguille est dans sa direction naturelle, il faut en éloigner tout fer ou acier aussi bien que les aimans; chose d'autant plus facile, que ces magnétiques n'en troublent la situation, que lorsqu'elles sont fort proches; une fois écartées, E"2 a — 2 NE SEEN

— ee \ 68 LETTRES À UNE PRINCESSE leur effet devient infenfible, pourvu que ce ne soit pas un aimant très-fort, qui pourroit bien agir sur l'aiguille à la distance de quelques pieds. Mais le fer seul ne produit pas cet effet, puisqu'on peut se servir de bouffoles dans les mines même de fer. V. A. sent bien, que sous terre, dans les mines, on se trouve dans le même cas que sur mer, lorsque le ciel est couvert, & qu'on y est obligé de se régler sur les côtés du monde, en suivant les mines suivant une certaine direction. Aussi dresse-t-on des plans qui représentent la route de tous les tours & des allées creusées sous la terre, en se réglant uniquement sur la bouffole dans cet ouvrage; c'est l'objet de la science qu'on nomme géométrie souterraine. Pour revenir à notre bouffole soit aiguille aimantée, j'ai remarqué qu'elle ne se dirige vers le nord qu'à-peu-près; ce n'est effectivement que par abus, qu'on dit que l'aimant a la propriété de se diriger vers le nord. Après avoir fait plusieurs aiguilles aimantées, j'ai toujours trouvé que leur direction à Berlin s'écartoit de la véritable ligne méridienne, d'environ quinze degrés; or une aberration de 15°. est fort considérable. La fig. 3. Tab. II. représente d'abord la vraie ligne méridienne tirée du nord au sud, & ensuite celle qui lui est perpendiculaire, marquant à droite ost ou est, & à la gauche west ou ouest. Or l'aiguille aimantée AB, n'est pas dirigée sur la méridienne, mais s'en écarte de

Les sciences | F 2 D'ALLEMAGNE. 69 'Vangle BO #ord qui est de 15° ; on nomme cet angle la déclinaison & quelquefois auf la variation de la boussole ou de Paiguille aimantée & puisque le bout le plus proche du nord B, qu'on | nomme toujours le bout boréal, s'en écarte vers l'ouest ou vers l'occident, on dit que la déclinaison est occidentale de 16° . Ayant donc déterminé la déclinaison de l'aiguille aimantée, on peut s'en servir aussi bien que si elle montrait précisément le nord. On entoure ordinairement l'aiguille d'un cercle, & on n'a plus qu'à marquer le nord à la juste distance du bout boréal B de l'aiguille, afin qu'elle en décline de 15° vers l'occident, & la ligne nord-sud nous marquera la vraie ligne méridienne, avec les quatre principaux côtés du monde, nord, 'est, sud, ouest. Pour déguiser mieux le secret, on cache l'aiguille aimantée dans un cercle de carton, comme la figure le montre, mais l'aiguille n'est plus visible, le carton faisant avec elle un seul corps qu'on met au centre sur un pivot, afin que ce cercle de l'aiguille puisse tourner librement; alors le cercle prend toujours la situation que le point marqué nord soit dirigé précisément vers le nord, pendant que le bout boréal de l'aiguille qu'on ne voit point, s'en écarte en effet d'un angle de 15° . vers l'occident. Cette construction ne sert qu'à déguiser la déclinaison, que le vulgaire regarde comme un défaut, quoiqu'il soit plutôt un objet digne de notre admiration, comme nous le verrons ensuite ; É73

ee ee 70 LETTRES À UNE PRINCESSE & le carton ne faifant qu'augmenter le poids de l'aiguille, empêche qu'elle ne tourne aufli librement que fi elle étoit plus léçere. Pour prévenir cet accident, & {e fervir mieux de la bouffole, on pofe laiguille dans une boëte ronde, dont la circonférence diviée en 360° , porte les noms des principaux côtés du monde. Au centre fe trouve le pivot ou la pointe qui porte l'aiguille, qui prend d'abord une certai: ne direction; on tourne alors la boëte jufqu'4 ce que le bout boréal de l'aiguille B réponde au point jufté dans la circontérence, c'est-à-dire, au quinzième degré, en comptant depuis le nord vers l'occident; dès-lors les noms mar. qués fur la circonference conviendront avec les vrais côtés du monde. On fe fert cependant en mer d'aiguilles enchaflées dans des cercles de carton, dont la circonférence eft divilée en 360 degrés pour n'être pas obligé de tourner la boëte; alors le cer cle de carton, qu'on nomme bouñfole, marquant les vrais côtes du monde ;, on n'a qu'à y rapporter la route que tient le vaifleau pour favoir vers quel côté il court, fi c'est au nord, au fud, à left, à l'oueft, ou à quelque direction moyenne. C'est aufli fur la bouffole, qu'on juge les vents, ou la contrée d'ou ils foufflent ; puifque c'elt de-là qu'on leur impoie des noms. Li faut cependant être bien afluré de la déclinaifon doit variation de la bouffole; nous Pavous bien trouvée ici de 15° vers l'ouelt, mais elle pourroit être diférente en d'autres en

D'ALLEMAGNE. HI droits fur terre, comme je le ferai voir dans la fuite. le 10 Ofobre 1761. L: ESD/TIRE CLEXT (Juan Jai dit que la déclinaison de la bouffole est de 15° vers l'occident, cela ne doit s'entendre que de Berlin & pour le tems present; car on a remarqué que non - seulement cette déclinaison est differente dans les differens endroits de la terre, mais qu'elle change avec le tems dans le même lieu. Ainfi la déclinaison magnétique est beaucoup plus grande à Berlin qu'autrefois; je me souviens très - bien encore qu'elle n'a été que de 10° ; & au siècle passé il y eut un tems, où elle fut nulle, de sorte que la situation de l'aiguille aimantée convenoit alors exactement avec la ligne méridienne. C'étoit vers l'an 1670; dès lors-H-déclinaison"est devenue fice/fivément plus grande vers l'ouest, jusqu'à 15° , comme elle est aujourd'hui; & il est apparent, qu'elle ira toujours en diminuant, jusqu'à ce qu'elle revienne nulle une seconde fois. Ce n'est cependant qu'une conjecture, & nous sommes bien éloignés de pouvoir prédire quelque chose de certain là-dessus. D'ailleurs nous savons certainement qu'avant 1670 la déclinaison étoit contraire, &

diE 4

\ #72 LETTRES À UNE PRINCESSE rigée vers l'orient; s & plus nous remontons, plus nous trouvons que la déclinaison étoit grande vers l'orient. : Or nous ne pourrions remonter plus haut qu'au tems où la boussole fut découverte, ce qui tombe dans le quatorzième siècle, mais c'est bien long-tems après cette découverte, qu'on a commencé à en observer la déclinaison à Berlin ; parcequ'on ne s'étoit pas aperçu d'abord, que l'aiguille s'écartoit de la ligne méridienne, Mais à Londres où Fon a été plus attentif sur cet article, on a observé la déclinaison magnétique l'an 1680 de 11° , 15', est. À. 1622 de -6° , 0', est. À. 1634 de 4° , 5', est. À. 1657 il n'y eut point de déclinaison; mais en 1672 elle fut de 2° , 30', ouest, A. 1692 de 6° , 0', ouest; & à présent elle pourroit bien être de 18 degrés ouest ou davantage. V. A. voit donc qu'au commencement du siècle passé elle étoit environ 8° vers l'est; que dès-lors elle a successivement diminué, jusqu'à ce qu'elle est devenue insensible À. 1657, & qu'après ce tems elle est devenue occidentale ou vers l'ouest, en augmentant Jusqu'à présent. Elle a presque tenu le même ordre à Paris, mais elle y fut nulle en 1666, 9 ans plus tard qu'à Londres ; d'où V. A. peut observer une grande bizarrerie dans la diversité des déclinaisons , relativement aux divers lieux de la terre, dans le même tems & au même lieu pour des tems différens. À présent, non-seulement par toute l'Euro

RC D'ALLEMAGNE. 73 pe, mais par toute PAfrique & dans la plus grande partie de l'Afie, la déclinaifon eft occidentale, plus grande en quelques lieux , en d'autres plus petite que chez nous. Elle eft plus grande dans certaines contrées en Europe, que chez nous; favoir en Ecoffe & en Norvège , où la déchnaifon va bien au-delà de 20° , en Efpagne, en Italie & en Grèce, au contraire, elle eft plus petite & de 12° environ', fur les côtes occidentales de l'Afrique elle eft d'environ 10° , & fur les orientales de 12° . Mais avançant dans l'Afie vers l'eft, elle diminue fuccefilivement, & s'évanouît même au milieu de la Sibérie à Jenifeisk; elle difparoît encore en Chine à Pekin, & au Japan, mais audela de ces endroits, plus à l'oit, elle devient orientale ; & va en augmentant en ce fens par la partie boreale de la mer pacifique jufqu'aux côtes occidentales de l'Amérique, d'où elle va de nouveau en diminuant, jufqu'à ce qu'elle s'évanouiffe derechef en Canada, à la Floride, aux isles Antilles & vers les côtes du Bréfil. Audela de ces contrées plus vers lorient, c'eft-à-dire, vers l'Europe & l'Afrique, elle redevient occidentale, comme je lai déjà remarqué. Pour avoir une parfaite connoiffance de l'état préfent de la déclinaifon magnétique, il faudroit être en état de marquer pour tous les lieux, tant {ur terre que {ur mer, de quelle grandeur elt à préfent la déclinaifon magnétique, & fi elle tend vers l'occident ou vers lorient. Cette connoi flance {eroit faus-doute très - eftimable, Eten + ésntilns te pe Lez D 0 pren ann sh) De

— nome 7À LETTRES À UNE PRINCESSE mais elle n'est point à espérer; il faudroit qu'il y eut à présent par-tout des hommes habiles qui, observant chacun dans son lieu la déclinaison magnétique, nous communiquassent leurs observations avec exactitude : cependant il faudroit attendre quelques années, jusqu'à ce que les plus éloignées nous parvinssent ; ainsi nous n'arriverions à cette connoissance qu'au bout de quelques années. Or quoiqu'en deux ou trois ans la déclinaison de l'aiguille aimantée ne change pas considérablement, ce changement quelque petit qu'il soit, empêcheroit pourtant que la connoissance de toutes ces observations faites dans les différentes contrées de la terre, nous éclaircit parfaitement sur l'état présent des différentes déclinaisons de l'aiguille aimantée. Il en est de même des tems passés; à chaque année répond un certain état de déclinaison magnétique qui lui est propre, & qui la distingue de tous les autres tems, passés & futurs. Il feroit cependant bien à souhaiter que nous eussions cet état-bien détaillé pour une seule année ; nous ne manquerions pas d'en tirer des éclaircissements très-importans. Feu Mr. Haley, célèbre astronome d'Angleterre, a tâché de nous le donner pour l'année 1700, fondé sur un grand nombre d'observations faites en plusieurs lieux, sur terre & sur mer; mais outre que les contrées très-considérables où ces observations n'ont pas été faites, y sont omises, la plupart de celles qu'il a eues.

D'ALLEMAGNE. #74 ployé, ont été faites plusieurs années avant l'époque de 1700; de sorte que jusques-là la déclinaison a pu souffrir des changemens assez considérables. Il s'enfuit que cet état, qu'on trouve représenté sur une carte générale de la terre, ne fauroit être regardé que comme trèsdéfectueux; d'ailleurs, à quoi nous serviroit-il à présent de favoir l'état de la déclinaison magnétique pour l'année 1700, qui dès-lors a changé considérablement. D'autres géographes Anglois ont donné depuis une carte semblable, où toutes les déclinaisons, devroient être représentées telles qu'elles ont été l'an 1744. Mais comme elle a les mêmes défauts que celle de Halley; & que les observations leur manquoient sur plusieurs contrées, ils n'ont pas balancé à remplir ces espaces vuides, en consultant la carte de Halley; qui n'avoit plus lieu certainement en 1744. V. À. jugera par-là, que notre connoissance sur cet article important de la physique, est encore extrêmement imparfaite. le 13 Octobre 1768. LE RARE GE XIX TT: Ar est bon d'expliquer aussi comment Halley s'y est pris. pour représenter les. déclinaisons magnétiques, dans la carte qu'il a dressée pour

76 LETTRES A UNE PRINCESSE l'année 1700, afin que fi V.

À. la voit, ellcen comprenne la conftruction. D'abord il a marque à chaque endroit la declinatfon de Paiguilie aimantée, telle qu'elle y -a été obfervée, il a diftingué parmi tous ces lieux, ceux où il n'y eut point de déclinaïfon, & il a vu que tous ces lieux tombent dans une certaine ligne, qu'il nomme la ligne de nulle déclinaïfon, puifque par-tout fous cette ligne il n'y en avoit alors aucune. Cette ligne n'étoit ni un méridien ni un parallele, mais elle traversoit par des tours tres-obliques l'Ameérique feptentrionale, & en fortoit pres les côtes de la Caroline ; de-la elle fe courboit pour traverser la mer atlantique entre l'Afrique & l'Amérique. Outre cette ligne il en découvrit encore une autre, où la déclinaïfon s'évanouïfloit auf; elle defcendoit par le milieu de la Chine, & pañoit de la par les isles Philippines & la nouvelle Hollande. L'on peut bien juger par le trait de ces deux lignes, qu'elles ont une communication près de l'un & l'autre pole de la terre. Après avoir fixé ces deux lignes de nulle dcllinaïfon, Mr. Halley a remarque que par-tout entre la premicre & la dernière, en pañlant de l'occident vers l'orient, c'est-à-dire, vers toute l'Europe, l'Afrique & prèsque toute l'Afie, la déclinaïfon étoit occidentale; & de l'autre côté au-delà de ces deux lignes, c'est-à-dire, dans toute la mer pacifique, elle étoit orientale. Enfuite, ayant fixé ces deux lignes

D'ALLEMAGNE. gr comme les principales, il alloit confidérer tous les lieux où la déclinaison étoit de 5° degrés occidentale; d'ou il voyoit qu'il pouvoit encore tirer commodément par tous ces lieux une ligne qu'il nomme la ligne de cinq degrés occidentale : il trouvoit aufli deux lignes de cette nature, dont l'une accompagnoit, pour aïnsi dire, la première fans déclinaison, & l'autre la dernière. Il en fit de même des lieux où la déclinaison étoit de 10° ensuite de 15° , de 20° , &c. & il vit que les lignes de ces grandes déclinaisons, étoient bornées vers les poles, pendant que celles des petites déclinaisons traversoient toute la terre & passaient par l'équateur. En effet, la déclinaison s'élève à peine 15° sous l'équateur tant vers l'ouest que vers l'est ; mais en approchant des poles, on peut arriver à des lieux où la déclinaison s'élève 8° & 60° ; il y en a sans-doute, où elle est encore plus grande, surpasse même 90° & plus, où le bout boréal de laiguille se tournera par conséquent vers le sud. Enfin , après avoir tiré de semblables lignes par les lieux où la déclinaison étoit orientale de 5° . 10° . 15° , & ainsi de suite, Mr: Haley a en rempli toute la carte, qui représente la surface entière de la terre, sous chacune desquelles la déclinaison est partout la même, pourvu que les observations ne manquent pas. : Aussi Mr. Halley a-t-il été assez scrupuleux pour ne pas continuer ces lignes au-delà des lieux dont il avoit des observations : c'est pourquoi

— hé ; 78 LETTRES À UNE PRINCESSE la plus grande partie de
fa carte en est de. pourvue. Si l'on avoit une telle carte juite & com: plète,
on y verroit dun coup-d'œil, quelle déclinaison auroit rëonné à chaque endroit
dans le tems pour lequel la carte auroit été dre fée; & quoique le lieu
proposé ne se trouveroit pas précisément sous une des lignes marquées, on
estimeroit aisément en le comparant avec les deux lignes entre lesquelles il
feroit situe, la déclinaison moyenne qui lui conviendrait. Si je me trouvois
entre les lignes de 10° , & de 20° de déclinaison occidentale, je serois certain,
que la déclinaison y feroit plus grande que 10° , & moindre que 15° ; & selon
que je serois plus proche de l'un ou de l'autre, je trouverois aisément le juste
milieu qui m'indiqueroit la véritable déclinaison. V. À. reconnoitra sans
difficulté par-là, que si l'on avoit une telle carte exacte, elle nous serviroit à
découvrir des longitudes, au moins pour le tems auquel elle conviendrait.
Supposons, - pour expliquer' cette méthode, que nous ayons cette carte
dressée pour cette année, nous y verrions d'abord les deux lignes tracées par
les endroits où la déclinaison est nulle, puis deux où elle feroit de cinq
degrés, de 10° , de 15° , de 20° , tant occidentale qu'orientale: supposons
même que pour plus grande: exacte. ces lignes soient tirées de degré en
degré, & que j'en trouve quelque part ; en met -ou dans un pays inconnu,
Je tirerois

D'ALLEMAGNE. 79 donc d'abord une ligne méridienne, pour voir combien ma bouffole s'en écarte, & je trouverois par exemple que la déclinaison est précisément de 10° , vers l'est; alors je prendrois ma carte, j'y chercherois les deux lignes sous lesquelles la déclinaison est de 10° , vers l'est, & je ferois sûr que je me trouve sous l'une ou l'autre de ces deux lignes, ce qui m'éclairciroit déjà beaucoup dans mon incertitude. Enfin j'observerois la hauteur du pôle, qui étant égale à la latitude du lieu où je me trouverois, il ne me resteroit plus qu'à marquer sur les deux lignes mentionnées, les points dont la latitude feroit la même que celle que je viens d'observer; & alors toute mon incertitude seroit réduite à deux points très-éloignés l'un de l'autre; or des circonstances de mon voyage décideroient aisément lequel de ces deux lieux est celui où je me trouve actuellement. V. À. conviendra que si nous avions des cartes pareilles, cette méthode feroit la plus commode de toutes celles que j'ai exposées; mais c'est précisément ce qui nous manque; & comme nous sommes encore fort éloignés de pouvoir en dresser une pour le temps présent; qui ne nous serviroit à rien pour le temps présent, faute d'une quantité suffisante d'observations, nous sommes encore moins instruits de tous les changemens de déclinaison que chaque endroit éprouve par la fuite du temps. Les observations faites jusqu'ici nous mon

80 LETTRES À UNE PRINCESSE trent que quelques endroits font aflujettis à des changemens très - confidérables, & que d'autres n'en fouffrènt ptèfque point dans le même intervalle de tems, ce qui nous ôte toute efpérance de pouvoir jamais profiter de cette méthode, quelqu'excellente qu'elle {oit en elle-même, le 17 Octobre 1761. BERG BERTIE V7. A. fera fans-doute curieufe d'apprendre pourquoi les aiguilles aimantées affectent en chaque lieu de la terre une certaine direction, pourquoi cette direction eft différente en diferens lieux, & pourquoi dans le même endroit elle change avec le tems: je répondrai de mon mieux à ces queftions importantes, craignant beaucoup de ne pas fatisfaire à mon gré la curiofité de V. A. Je remarque d'abord que les aiguilles aimantées ont cette propriété commune avec tous les aimans, & que ce n'eft que leur figure propre à balancer fur un pivot & y tourner librement, qui la rend plus marquée. L'aimant {ufpendu par un fil, fe tourne vers un certain côté , & lorfq'on le met dans un petit vale, pour le:faire nager fur l'eau, le vale portant laimant affectera toujours une Cer=

D'ALLEMAGNE: gt certaine direction. Toutaimant armé de deux points, dont l'un affecte le nord & l'autre le sud, fera sujet aux mêmes variations que les éguilles. Ces points {ont très {enfibles dans chaque aimant, puilque c'est par où il attire le fer avec la plus grande force. On les nomme les Poles d'un aimant, en empruntant cette dénomination de celle des poles de la terre ou du ciel, parce que l'un tâche de se diriger vers le pole boréal, & l'autre vers le pole austral ou méridional de la terre; ce quiue doit s'entendre qu'a-peu-près ; çar lorsqu'on introduisit ces noms la déclinaison n'étoit pas encore connue. Celui des poles de l'aimant qui se dirige vers le nord, est nommé pole boréal & celui qui se dirige vers le sud pole méridional ou austral. J'ai déjà remarqué qu'une aiguille aimantée; ainsi que l'aimant même; ne prend cette situation qui lui paroît naturelle, que lorsqu'elle se trouve hors du voisinage de quelque autre aimant ou du fer. Quand une aiguille aimantée se trouve proche d'un aimant, elle règle sa situation sur les poles de cet aimant; enforte que le pole boréal de l'aimant attire le bout méridional de l'aiguille, & réciproquement le méridional de l'aimant le bout boréal de l'aiguille ; c'est pourquoi en rapportant deux aimants ensemble, on nomme poles amis ceux qui portent différents noms, et poles ennemis ceux du même nom ; cette chose est très-remarquable lorsqu'on approche deux aimants. LIT, EF

82 LETTRES ÀA/UNE. PRINCESSE mants, car alots on verra non-seulement que les poles de différens noms s'attirent mutuellement, mais que lesi poles 'du même nom: le fuyent &: le repouffent l'un l'autre: On le voit encore plus distinctement, lorsqu'on 'ap: proche deux aiguilles aimantées l'une de l'autre. Il est fort important pour voir cela de bien considérer: la situation qu'une aiguille aimantée prend dans le voisinage d'un aimant: Dans la fig. 4. Tab. II. la barre: A B repré: fente un aimant, dont: le pole boréal est en B & le pole méridional en 'A3: V. A. voit plusieurs: positions de l'aiguille 'aimantée {ous la figure d'une: flèche, dont 'le bout marque b; est le pole boréal :&:4, le pole méridional, Dans toutes ces positions le bout » de l'aiguille s'approche du pole A de l'aimant, & le bout à du pole B. Le point c marque le pivot , {ur lequel l'aiguille: tourne, & V. A: n'a qu'à bien considérer la figure pour juger quelle situation prendra l'aiguille en' quelque lieu autour de: l'aimant 'qu'on fixe le pivot c. Si donc il y 'avoit quelque part un trèsgrand aimant A B,: les aiguilles aimantées posées' autour de lui, prendroient 'en chaque endroit une certaine situation, comme nous voyons que cela arrivé actuellement autour de la terre: ou si la terre elle-même étoit cet aimant, on comprendroit pourquoi les aiguilles aimantées {e disposent par-tout 'selon. une certaine direction. Auifli les philosophes, pour expliquer: ce phénomène, 'soutiennent que toute la

D'ALLEMAGNE. 83 terreza la propriété. d'un aimaut,: ou que nous la devons regarder commé: un, tres-grand. aimant. . Quelques - uns: d'entr'eux prétendent quil fé trouve: vers le, centre de la 'terre. un très-srand aimant qui exerce.f4 force fur toutes les aiguilles aimantées, . &-même {ur tous les aimants qui. fe, trouvent. fur: la furface. de la terre, - &ci que:c'elt.cette force qui les dirige en chaque lieu. {elen.les mêmes 'directions que nous y obfervons. Mais nous..n'avons pas befoin, de, recourir à un aimant caché dans: les entrailles de. la. ter: re :. {a furface elt tellement remplie. de mines de fer & d'aimants, que leur, force réunie peut bien. fuppléer au-défaut..de ce grand almut. En effet, ,on tire.tous les aimans des mines, marque bien: fre que, Ces minéraux fe trouvent, très-abondamment dans les éntail: les de la terre, &. que toutes leurs. forces réunies fourniflent la force générale ; qui produit tous les phénomènes Ki ose Nous fommes auffi en état d'expliquer par-là; pourquoi la décliaifon magnetique-change-avec-le tems dans le même endroit; car on fait que les mines de- tous les métaux font aflujétties à des changemens continuels & particulièrement celles:.de fer, auxquelles .{e rapportent les aimants: Tantôt il s'engendre du fer dans un endroit, tantôt il sy détruit; deforte qu' il y.a aujourd'hui des mines.de.fer;: où il n'y en-eut point autrefois; & où l'on en trouvoit autrefois.en abondance, on ne trouve preique ee 4

ee 94 LETTRES À UNE PRINCESSE plus rien aujourd'hui. *

Cela prouve évidemment que la cause 'totale des variations-ventes: mes dans la terre, souffre des changemens très-considérables; d'où sans-doute les poles, sur lesquels se règle la déclinaison magnétique, changent aussi avec le tems. C'est donc ici qu'il faut chercher pourquoi les déclinaisons magnétiques {ont sujettes à des changemens si considérables aux mêmes lieux de la terre. Mais cette même raison, fondée sur l'incertitude de ce qui se passe dans les entrailles, ne nous laisse aucune espérance de parvenir jamais à prédire d'avance la déclinaison magnétique, à moins qu'on ne trouve moyen de ramener les changemens de la terre à quelque loi fixe. Une longue suite d'observations, continuée pendant plusieurs siècles, pourroit peut-être nous fournir des éclaircissements là-dessus. le 20 Octobre 1761.

LETTRE CXXXIV. Ceux qui prétendent que la terre renferme dans son sein un grand aimant, comme un noyau, sont obligés de dire, pour expliquer la déclinaison magnétique, que ce noyau change successivement de situation. Il faudroit alors qu'il fût détaché de la terre dans toutes

D'ALLEMAGNE. 8\$ i EE | fes-parties; & comme, fans-doute,
 {on mou- (| Re | vement fuivroit une certaine loi, nous pour- SL TU rions
 efpérer de ladécouvrir un:jour. Mais full foit qu'il y ait un tel noyau
 magnétique dans | la: terre, foit que les aimans difperfés dans fon ai ill fein
 réuniflent leurs forces pour produire les ill phénomènes magnétiques, on
 peut. toujours | regarder la terre même comme un aimant, {e- | lon lequel fe
 dirigent tous les: aimants particu- ! Jo liers & toutes les aiguilles aimantées.
 (fl Quelques phyficiens ont renfermé un ai- l'A! mant d'une, très-grande
 force dans un globe, on &-ayant placé fur fa furface une aiguille ai- IR
 mantce , 'ils, y ont obfervé des phénomènes qu femblables: à ceux qui ont
 lieu {ur la terre qu après avoir placé l'aimant dans le globe de plu- | fleurs.
 façons. différentes. Or:en confiderant la terre comme un aimant, elle aura fes
 poles magnétiques , qu'il faut bien diftinguer des fl poles naturels, autour
 defquels elle tourne: IL ces.diférens poles n'ont rien de commun entr'eux,
 que le nom,:mais.c'est de la pofition des poles magnétiques à légard des
 naturels, que proviennent les. irrégularités apparentes dans la déclinaifon
 magnétique, & en particuher des lignes. tracées {ur la terre, dont jai eu
 l'honneur de rendre compte à V. A. Pour mieux éclaircir cette matiere, je re-
 Jun marque: que fl les poles magnétiques tomboient | précilément dans les
 poles naturels, il n'y au- MELLE LE NN roit point de déclinaifon fur la
 terre; les ai- | ER guilles aimantées feroient précifément dirigées F 2 1

= _ae 86 LETTRES X UNE ÉRÉNCESSE par-tout du “nord vers 14°, & leur poff: tion eroit précilement-la imêmé ‘âue celle dé là Hgne:méridienne) Ceféroit? fans-doute un tres-prand avantage pour la navigation, puil: qu’on connoitroit-alors exactement la route du Vaifleau & la direction du-vent: 'au lieu qu’à préfent, on doit toujours” chercher ladécli: aifon de ‘la ‘boufflé, Avant que: de pouvoir Arte les Vrais côtés du monde. "Mais à boufole n’appôttéroit alors ancunfecours pour I détermination: dés’ longitudes}; but auquel la déchintifon pourroit bien Enr ün jour. On peut et conclure que‘fi Tes ‘pôles ma? gnétiques de la-terre diféroient de beaucoup des poles naturels ,& qu'ils fuflent direétement oppofés Puñ à Pautre,'ce‘qui'arrivéroit fi l'axe magnétique de la: terre, (c’elt'la“ligne droite tirée par les deux -poles"maghétiques) -patloit par ie centre de la terre, alors les'aiguilles a mantées fe dirigeroient partout: vers ces poles magnétiques & il froit ‘bien if d'affigner pour tous les lieux Ta diréction mäagnetique. Où iautoit qu'à tirer, ‘par chaque lièu; un cercle--qui paflat en même 'tems'par ‘lès deux pôles ‘magnétiques, & l'angle” que feroit ce cercle ‘avec le méridien : ‘du meme leur, dors neroit la déclinaifon magnétique: "Dans: ce cases deux lignes fous lefquelles la déclinaifori «eft! nulle, ‘feroient! des méridieris tirés par les polés magnétiques. : Mais puifque nous avons vü ‘qu'actuellement ces deux lignées fans déclinaifon!; né: font-point des méridiens,

D'ALLEMAGNE. 87 & qu'elles font un tour fort bizarre, 'on voit bien que cessas aa point lieu {ur:la terre. Halley a-bien reconnu cette: consequence, & Selt-cru obligé par-là de fuppofer un. double aimant:dans lès entratilles-dela terre, l'un fixe & l'autre-mobile ; en: consequence il:a établi quatre -poles {ur lacterre,;dont deux {e trouvent pres du pole:boréal & les deux autres près du pole méridional, à diftances inegales. Mais cette: conclufio® me: paroît 'un: peu hazardéedilne s'enfuit pas-de ce que les Hgnes faus déclinaison ne fontpoint des méridiens , qu'il: y ait quatre :poleskmagnétiques fur. la terre: mais plutôt qu'il ny en a que deux qui ne font-pas: directement oppoies l'un :à lautre,;ioù ce qui revient au meme , que l'axe maghetique :ne ras point par le centre. de kiterre., Il:relte donc encore à rpufdésen les cas où ces deux: poles magnétiques ne. font:pas di. rectement:Oppofes:, :& où -lPaxe magnétique ne traverse pas la. terre pat fon:centre; çar en embrasant l'hypothele durnoyau magnétique dans: da: terre:, pourquoi: lun 'des polest magnétiquest feroit-il:précifement à l'oppôfite de lautte 4-II: {e-pourroit bien, que ce noyau ne {lé tronvit-vointau milieu dela terre ;: mais qu'il :futraquelque:tdiftance du centre. Or dèsique les poleskmagnétiques ne {ont-plus.oppofésediamétralement-l'un à: l'autre ;:les lignes, fousilefquelles ladéclinaifon:: eft nulles prennent effectivement un tour- femblable à celui F 4

cdi, Vi crie 88 LETTRES À UNE PRINCESSE qu'on a conclu par les observations; il eff meme poffible d'afligner aux deux poles magnétiques de telles places fur la terre, que non-feulement ces lignes feroient d'accord avec les observations, mais aufli pour: tous les degrés 'de déclinaifon; tant 'occidentale qu'orientale, on trouve précifément des lignes femblables à celles qui nous ont d'abord parû fi bizarres. Pour connoître l'état de: la déclinaifon magnétique, Il ne s'agit donc :que de fixer les deux poles magnétiques, :& :alors c'est un problème de géometrie , de déterminer la route de toutes ces lignes dant }ai parlé dans ma lettre précédente, tirées pour tous les Heux où la déclinaifon eft la:même. C'eft parce moyen 'encore qu'on feroit en état de rectifier ces lignes & de remplir des contrées, 'où les observations nous manquent; & fi l'on pouvoit-pour tous les tems à venir, afligner les lieux des deux poles magnétiques fur la terre, ce feroit fans-doute la plus belle {olution du problème des longitudes. On wa donc point befoin d'un double aimant dans la terre, ou des quatre poles: magné: tiques; pour expliquer les phénomènes de la déclinaifon magnétique, comme le grand Halley l'a cru, mais d'un.fimple aimant ou des deux poles magnétiques; pourvâ qu'on: affhgene à chacun Aa jufte place. Il me femble que, par cette reflèxion, nous fommes beau

D'ALLEMAGNE. 29 éoup plus avancés dans notre connoiffance
fur le magnétifme, le 24 Ofobre T761. BCD EI LS LETTRE CLXX V. V7.
A. voudra bien fe fouvenir que lorfque nous frottames une aiguille fur un
aimant, -elle en acquit non-feulement la propriété de fe diriger vers un
certain point Phorizon, mais que fon bout boréal defcendit comme si fut
devenu plus pefant, ce qui nous obligea d'en ôter quelque chofe ou d'ajouter
au bout oppofe; pour remettre l'aiguille en équilibre. J'ai fait, en ne mettant
point ce moyen en ufage, 'plufieurs expériences pour m'aflurer jufqu'où la
force magnétique fait defcendre le bout boréal de Paiguille aimantée, &
j'ai trouvé qu'il baifloit jufqu'à faire un angle de 72 degrés avec l'horizon,
&-qu'à cette fituation; l'aiguille reftoit en repos; il eft bon de remarquer que
j'ai fait ces expériences à Berlin, il y a environ fix ans; car je ferai voir dans
la fuite que cette fituation fous l'horizon eft aufli variable que la déclinaifon
magnétique. Nous voyons par-là que la force magnétique exerce un double
effet fur les aiguilles; Pun dirige laiguille vers un certain côte de horizon
dont léloignement de la ligne mé

90 LETTRES À UNE: PRINCESSE ridienne 74 ce qu'on nomme
 la déclinaison magnétique, l'autre lui imprime: une-inclinaison vers
 l'horizon, en faisant baïfler l'un ou l'autre: bout. .au-dessous, jusqu'à un
 certain angle. Soit Tab I. fig: st de tx ligne-horizontale tirée selon la
 déclinaison magnétique, & Paiguille prendra à: Berlin 'la' situation ba qui
 fait avec l'horizon de l'angle de 72°, .@& par conséquent avec
 la verticale fg, un angle bfg, ou de 18 degrés. Ce second. effet de la
 force. magnétique, par lequel les aiguilles aimantées affectent. une cer. taine
 inclinaison avec l'horizon +est aussi «re. marquée' que: le premier
 & comme le premier: est nommé: la déclinaison: magnétique; .le second est
 connu sous le nom: d'inclinaison -magnétique qui mériterait autant que,
 la: -déclinaison, d'être observée «par -tout, 'avec: tous les soins possibles,
 puisqu'on y. trouve :une aussi grande variété. F2 ARE AT DE a été trouvée
 à: Berlin de: 72°, à: Basle seulement de: 70°; debout: boréal: de
 laiguille étant baïflée :& l'autre par: conséquent élevée de cet-angle: s Gela
 arrive: dans nos contrées comme plus proches du pôle magnétique boréal
 de: la: terres; :& plus: nous en approchons, plus l'inclinaison de l'aiguille
 de Vient grande, où s'approche de la ligne verticale; de sorte que
 si: nous! pouvions-arriver: à ce Pôle même; l'aiguille y: prendrait effective:
 ment la: situation verticale son bout boréal

D'ALLEMAGNE. : | OI étant tourné en bas & le méridional en 'haut. Plus au contraire on s'éloigne du pole botéal magnétique de la ' terre, en s'approchant du miéridional, plus linclinaifon 'diminue ;' elle difparoïtra enfin, & l'aiguillé prendra une'fi tuation horizontale, quand oi l trouvera: à des diftances égales des 'deux poles ;: mais en s'approchant davantag sé du'pole méridional de la terre, ce fera ES bout 'méridional de' laiguille qui s'enfoncera de''plus-en plus Tous l'horizon, le bout boréal' s'élevant au-deflus, jufqu'à ce que, dans ce pole même , l'aiguille devienne derechef verticale, tournant fon bout méridional en bas & le boréal en haut: Il feroit bien à fouhaiter; qu'on ft partout des expériences auili foigneufes pour déterminer linclinaifon magnétique, qu'on la fait pour la-déclinaifon ; mais on à trop né gligé- jufqu'ici cet important article de. la phyfique expérimentale, qui Welt pas certafner ment moins Curieux, nf moins intéreffint, que celui de la déclinaifon: Il en 'faut pas être furpris, 'cette efèce d'expérience 'eft° {u jette 'à trop' de difficultés ;l& prèfque toutes lé'' manières qu'on a imaginées jufqu'ici pouf obferver Pinélinafon magnétique ont marqué de fuccès : il n'y la qu'un artifte de-Basle nommé Diterich, qui ait réuff , après avoit conftruit une machine propre à ce deflein, fuivant les 'vües du célèbre Mr. Dasriel Bernoulli. Il m'avoit envoyé deux de ces machines, par le moyen defquelles j'ai: 6bfervé 'ici icette'in=.

mm © pe

02 LETTRES À 'UNE PRINCESSE clinaifon de 72 degrés, & quelque curieux que foient d'ailleurs les Anglois & les François fur ces fortes de découvertes, ils ne firent pas grand .cas de la machine de Mr. Diterich, quoiqu'elle foit la feule propre à ce deflein. Cet exemple nous fait voir, combien les préjugés {ont capables d'arrêter les progrès des fciences; & c'eft ce qui eft caufe que Basle & Berlin font les feuls endroits {ur la terre où l'on conuoifie l'inclinaifon magnétique. Les aiguilles faites pour les bouffoles ne font pas abfolument propres à nous montrer la quantité de l'inclinaifon magnétique, quoiqu'elles en indiquent l'effet en gros, parceque le bout boréal devient plus pefant dans nos contrées; pour faire ufage d'aiguilles deftinées à nous découvrir la declinaifon, nous. fommes _obligés de. détruire l'effet de l'inclinaifon , en rendant le bout boréal plus léger ou le bout méridional plus pefant.. Pour ramener l'aiguille dans la fituation horizontale, on {e {ert ordinairement du dernier remède, & on attache :un peu de cire-au bout méridional de laiguille. Mais V. À..comprend ailément:que, ce remède. n'a lieu qu'ici, où la force inclinatoire eft d'une, certaine grandeur, & que fi nous voyageons avec uneitelle aiguille vers le pole boréal magnétique de la terre, la force inclinatoire augmentern,, &;que pour. empêcher l'effet, il faudra RS encore de la cire {ur le bout méridional. Mais fi nous voyageons vers le midi, & que nous approchions de Pautre: pole de la

D'ALLEMAGNE: 93 terre, où la force inclinatoire sur le bout boréal de l'aiguille diminue, il faut alors diminuer la cire attachée à l'autre bout, l'ôter ensuite tout-à-fait, parcequ'elle est inutile, si l'on parvient à des endroits où l'inclinaison magnétique s'évanouit. De-là si on approche davantage du pôle méridional le bout méridional de l'aiguille est poussé en-bas, de manière que, pour prévenir cet'effet, il faut attacher de la cire au bout boréal de l'aiguille. C'est de ce moyen qu'on se sert dans les grands voyages, pour maintenir la boussole dans une situation horizontale. Il faudroit avoir pour observer l'inclinaison magnétique des instrumens faits exprès, & semblables à celui que l'artillerie de Basle a inventé; on nomme cet instrument inclinatoire, mais il n'y a pas apparence, qu'on en fasse si-tôt usage. * Encore moins pouvons nous espérer, qu'on fasse bientôt des cartes sur l'inclinaison magnétique, semblables à celles où l'on nous a représenté la déclinaison: -on pourroit bien suivre la même méthode, & tirer des lignes par tous les lieux où l'inclinaison magnétique fera la même, de sorte qu'on auroit des lignes sans inclinaison, ensuite d'autres lignes où l'inclinaison seroit de 5° , 10° , 15° , 20° , &c. tant vers le nord que vers le sud. le 27 d'Octobre 1761. * Depuis, à l'occasion du dernier passage de Vénus au-devant du disque du soleil, Mrs. Mallet & Piéret de Genève, appelés à observer ce passage en Laponie, ont fait usage de cet inclinatoire, & ont trouvé au mois de May de l'année 1769, l'inclinaison magnétique d'abord à St. Pétersbourg de $732, 40'$; & ensuite en Laponie à Kola de $74^{\circ}, 45''$; à Oumba de $75, 10'$, & à Panoi de $76^{\circ}, 50'$. do dE dm mamee-e— come =. 2e

94 LETTRES .A, UNE PRINCESSE Lois Bean OT Pour fe
former une juſte idée de: l'effet de. la torce magnétique de la terre, il
fautavoïr égard tant à la déclinaïfon qu'a linclinaïfon des aiguilles
aimantées dans chaque lieu de la terre; nous. {avons qu'à Berlin la
déclinaïfon eſt de 15° , vers Poſcident; & que l'inclinaïfon:au bout, borcal
elt de 72° . En-confidérant ce double effet; la déclinaïfon & linclinaïfon, -on
aura la véritable direction magnétique; ainſi pour favoir la véritable
direction magnétique pour Berlin ; on tirera d'abord. fur un plan horizontal
une ligne qui faſſe avec la méridienne un angle de 14° , vers l'occident, &
de-là, deſcendant vers la ligne verticale, on tracera une.nouvelle ligne qui
faſſe un angle de 72° avec celle:là,;. & celle-ci nous montrera la direétion
magnétique poür. Berlin ;- d'où.V. À. comprend, comment on.devroit
afligner pour tout autre endroit [à diréétion magnétique, pourvu qu'on én
con: nût l'inclinaïfon & la déclinaïfon.: Chaque aimant nous découvre des
phénomènes-tout-a-fait femblables, on n'a qu'ale met: tre fur une table
couverte de limaille defer, & l'on verra-que lalimaille {e diſpoſera autour
de l'aimant BA, à-peu-près comme Ja fig. 6. Tab. IL. le repréſente ,: où
chaque parcelle-.de 'limaille peut être regardée comme une petite aiguille
aimantée, qui nous fait voir en chaque point

D'ALLEMAGNE. 9\$ autour de l'aimant , la direction magnétique. Cette 'expérience nous conduit à chercher la cause de tous ces phénomènes. L'arrangement que nous observons dans la limaille de fer, ne nous laisse pas douter que ce ne soit une matière subtile & invisible qui enfle les parcelles de la limaille, & qui les dispose dans la direction que nous voyons. Il est également clair que cette matière {subtile traverse l'aimant même, entrant par l'un des pôles, & sortant par l'autre: de sorte qu'elle forme par {son mouvement continu autour de l'aimant, un tourbillon qui reconduit la" matière subtile d'un pôle à l'autre, & ce mouvement est sans doute extrêmement rapide. La nature des aimants consiste donc dans un tourbillon continu, ce qui les distingue de tous les autres corps; & la terre elle-même; en qualité d'aimant, sera entourée d'un tourbillon pareil, qui agit par-tout {sur les aiguilles aimantées ; & fait des vortices pour-les disposer {suivant sa propre direction, qui est la même que j'ai nommée auparavant direction magnétique: que; c'est matière subtile fort donc continue: l'entourant par l'un des pôles magnétiques de la terre, & après en avoir fait le tour jusqu'à l'autre pôle, elle y rentre & la traverse 'dans-toute son épaisseur, jusqu'à ce qu'elle s'échappe de nouveau par le premier pôle. On ne faueroit décider encore par lequel des . deux pôles magnétiques de la terre ; elle entre ou {sort ; les phénomènes qui en dependent, le mes A

96 LETTRES À UNE PRINCESSE se reflètent si

parfaitement, qu'on ne {au roit les distinguer, C'est sans - doute aussi ce tourbillon général de la terre qui fournit la matière subtile à tous les aimants partiels & au fer soit acier aimanté, & qui entretient les tourbillons particuliers qui les environnent. Pour approfondir la nature de cette matière subtile & son mouvement, il faut remarquer qu'elle n'agit que sur les aimants, le fer & l'acier; tous autres corps lui sont absolument indifférents ; il faut donc qu'elle se trouve dans une autre relation à leur égard qu'à celui des autres. Plusieurs expériences nous obligent à soutenir que cette matière subtile traverse librement tous les autres. corps & même en tous sens: car, quand un aimant agit sur une aiguille, l'action est parfaitement la même, qu'on mette quelques corps entre eux, ou qu'on n'y en mette pas, pourvu que ce ne soit pas du fer, & son action est la même sur la limaille de fer: Il faut donc que cette matière subtile traverse tous les corps, excepté le fer, aussi librement que l'air, & même le pur éther, puisque ces expériences réussissent également dans un espace vidé d'air par la machine pneumatique, Cette matière subtile est par conséquent différente de l'éther, & même beaucoup plus subtile. Et, à cause du tourbillon général de la terre, on peut dire qu'elle environne toute la terre, traversant librement toute la masse, comme les autres corps, à l'exception du fer & des aimants :

D'ALLEMAGNE: 97 aimants :, & c'elt pour cela qu'on poufroît
 nommer le fer & Vacier des corps magnétiques, pour les diftinguer des
 autres. Mais fi la niatière. magnétique pañle librement à travers de tout
 corps non-magnétique; quel tapport auroit-elle-avec-ceux qui le {ont ?
 Nous venons de voir que le tourbillon magnétique entre par l'un-des poles
 dechaque aimant, & {ort pat l'autre, d'où l'on pourroit conclurre qu'il
 traverse; aufh librement les aimants; ce qui. ne le diftingueroit pas | des
 jautres. Mais quand la matière. magnétique, ne: traverse les aimants que
 d'un pole! à l'autre,;, c'elt une. circonftance bien diférente de.celle qui a
 lieu dans les autres. Voilà donc le, caractère diftinétif. Les corps non-
 magnétiques {ontitaverfés librement par. la matière magnétique;.en tout
 fens : les aimants n'en. {ont traver{és que dans un feul {ens, lun des poles
 étant deftiné à l'entrée & l'autre 4. la {ortie. . Mais le fer & l'acier, aimantés,
 n'en-{ont:traverfés.que dans un feul fens, félon le nature: des poles
 magnétiques; &-quand..ces corps ne {ont pas encofe aimantés, on peut dire
 qu'ils n accordent point un pafage libre à la matière magnétique dans au:
 Ce, Cela paroît étrange; . puifque le fer a des po: res ouverts; qui
 tran{mettent l'éther même ; qui welft pourtant pas fi {ubtil que la matière
 magnétique. Mais il faut bien diftinguer un paflage fimple ; d'un autre où la
 matière magnéTom. III: G

98 . LETTRES À UNE PRINCESSE tique puille traverser le corps avec toute {à rapidité sans rencontrer aucun obstacle. le 31 d'Octobre 1761. L'ESF-PIRER'GEXEXNW TT AL s'en faut bien, que je prétende expliquer parfaitement les phénomènes du magnétisme ; j'y trouve des difficultés que je n'ai pas rencontrées dans ceux de l'électricité. La cause en est, sans doute, que l'électricité confiste dans un trop grand ou trop petit degré de compression d'un fluide {subtil qui occupe les pores des corps, sans que ce fluide subtil, qui est l'éther, se trouve dans un mouvement actuel, mais le magnétisme ne fauroit être expliqué, sans supposer un tourbillon rapidement agité, qui pénètre les corps magnétiques. La matière qui constitue ces tourbillons est aussi beaucoup plus subtile que l'éther, & traverse librement les pores des aimants qui {ont impénétrables à l'éther même. Or cette matière magnétique est répandue & mêlée dans l'éther comme l'éther avec l'air grossier ; ou ainsi qu'il occupe & remplit les pores de l'air, on peut dire, que la matière magnétique est renfermée dans les pores même de l'éther. Je conçois donc que l'aimant & le fer ont des pores si petits, que l'éther tout entier n'y fauroit

D'ALLEMAGNE. 99 entrer & qu'il n'y a que la matière magnétique qui puisse les pénétrer., & qui, en y entrant, se sépare de l'éther, de sorte qu'ils y font, pour ainsi dire, une filtration. Ce n'est donc que dans les pores de l'aimant que la matière magnétique se trouve toute pure; partout ailleurs elle est mêlée & diluée par l'éther, comme l'éther lui-même l'est par la masse de l'air. V. À. imaginera aisément plusieurs fluides, dont l'un est toujours plus subtil que l'autre, & qui sont parfaitement mêlés ensemble. La nature nous en offre des exemples précis. Nous savons que l'eau renferme dans ses pores des particules d'air, que nous y voyons souvent monter en forme de petites bulles; il n'y a plus de doute encore que l'air ne renferme dans ses pores un fluide incomparablement plus subtil, qui est l'éther, & qui s'en sépare même en plusieurs occasions, comme dans l'électricité. Nous voyons à présent que cette réflexion va plus loin, & que l'éther contient encore une matière beaucoup plus subtile; c'est la matière magnétique, qui peut-être en renferme d'autres encore plus subtiles, cela n'est du moins pas impossible. Après avoir établi cette matière magnétique, voyons comment elle produit ses phénomènes. Je considère d'abord un aimant, & je dis, qu'outre une très-grande quantité de pores remplis d'éther,, comme tous les autres" "CORPS; il en contient encore de beaucoup plus étroits, où la matière magnétique seule peut entrer, En G 2

= te Te ae TOO LETTRES À UNE PRINCESSE fecond lieu, que ces pores font difpofés de manière à avoir une communication entr'eux , & confituent des.tuyaux ou canaux, par lefquels elle pañle d'un bout,à l'autre. Enfin, que cette matière.ne fauroit.pañler par ces tuyaux que dans un fens, fans pouvoir retourner dans le fens contraire: cette circonftance, tres - effentielle, demande un plus grand éclairciflement. Je remarque donc d'abord, que les veines & les vaifleaux lymphatiques dans les corps des animaux, font des tuyaux d'une conftruétion femblable , . qui renferment des. foupapes, représentées dans la. fig. 7: Tab. II. par les traits mn, dont la fonction elt, :que-tant que le fang coule de À vers B, elles.fe lèvent & lui accordent un libre paflage, mais qui l'empêchent de refluer de B vers À. Car fi le fang vouloit couler de B vers À, ï poufleroit le bout libre de la foupape #71 vers le côté o de la veine & la foupape fermeroit :le paflage entièrement; on {e fert ainfi de foupapes dans les conduits d'eau, pour empêcher qu'elle ne puiffe retourner... Je. crois donc de ne rien fuppofer qui foit contraire à la nature, quand je dis que les canaux;-dansles aimants, qui n'admettent que la matière magnétique, {ont de la même conftruction. La fig. 8. Tab. II. repréfente.ce canal magnétique comme je l'imagine. Je:le conçois garni en-dedans de poils dirigés de À vers B ; qui n'oppolient aucun obftacle à la matière magné

PRE NES 1" pans D'ALLEMAGNE. TOI ill tique, quand elle pañle de À vers B, puifqu'a- | lors ils s'ouvrent d'eux-mêmes en #, pour laif- (il fer pañler la matière en: o; mais ils ferment d'abord le pañlage, fi elle vouloit rétrograder |: He de B vers À. La nature des canaux magnétiques cohéfite donc à ne permettre d'entrée à la matière magnétique qu'au bout À, pour couler | vers B, fans aucun empêchement, fans qu'il | foit poifible qu'elle les traverse en fens contrai- a re de B vers À. Ann Cette conftruétion nous met en état d'expli- || | sd ————— quer comment la matière magnétique entre dans ces tuyaux, & les traverse avec la plus grande rapidité, lors même que léther tout entier elt dans un repos parfait, ce. qui elt le plus furprenant: car qui peut produire un mouvement fi rapide ? C'elt ce qui paroîtra très-clair à V. À., fi elle veut bien fe fouvenir que l'éther elt | une matière extrêmement élaftique; ainfi la { | matiere magnétique, qui elt difperfée, en {era ji prel fée de toutes parts Que le canal ma- | gnétique AB foit encore tout-à-fait vuide, & li qu'il fe trouve à l'entrée À 'une molécule de |! matiere magnétique #7, qui foit preflée de toute | AS part où elle touche le canal, où léther ne fau- Fo roit entrer, elle y fera pouflée avec la plus grande force; elle y entrera donc avec la même rapidité; bientôt une autre molécule de matière magnétique, dont l'éther elt copieufement |] chargé, s'y préfentera encore & y fera pouflée | nan avec la même force; @& ainfi des molécules fuivantes ; Il en réfultera donc un flux conti- HA « Lu 1 | G°3 |

2 JR. 7 ant 102 LETTRES À UNE PRINCESSE nuel de matière magnétique qui, ne rencontrant aucun obftacie dans ce canal, {ortiroit en B avec la même rapidité qu'il entre en A. Je conçois donc que tout aimant contient une grande multitude de ces canaux que je nomme magnétiques, & il s'enfuit très-naturellement, que la matiere magnétique difperfée par l'éther, doit y entrer par un bout & {ortir par l'autre avec impétuofite; ou bien nousaurons un courant perpétuel de matière magnétique par les canaux de l'aimant: j'efpère avoir furmonté parlà les plus grands obftacles qui puiffent fe rencontrer dans la théorie du magnétifme. le 3 Novembre 1761.

LEE TR EE: CEXX VITE, Si VA a vuen quoi confifte le caractère diftinctif des aimants, & que chaque aimant eft pourvu de plufieurs canaux dont je viens de donner la defcription. La fig. 1. Tab. III. repréfente un aimant AB avec trois canaux magnétiques ab, par lefquels la matière magnétique coulera avec la plus orande rapidité, en entrant par les bouts a, & fortant par ceux 2: elle en fortiroit bien avec la même rapidité, mais rencontrant d'abord de l'éther mêlé dans l'air groffier, de grands obftacles s'oppoferont à la continuation de fon

D'ALLEMAGNE. 103 mouvement felon fa direction , & non -
 feulement fon mouvement fera rallenti, mais {a di. rection détournée vers
 les côtés cc. Il en fe. ra de même à l'entrée, vers les bouts aaa, à caufe de la
 rapidité avec laquelle les molécules de matière magnétique y entrent, le tour
 viendra bientôt à celles qui font encore vers les côtés ee, qui à leur tour
 feront remplacées par celles qui, forties des bouts bb, ont été déjà
 détournées vers cc, enforte que bientôt, la même matiere magnétique {ortie
 par les bouts bbhh retourne vers ceux aa a en faifant le tour bcdea; & ce
 mouvement autour de l'aimant, {era ce que nous nommons £ourbillon
 magné21qHe. Il'ne faut pourtant pas s'imaginer que ce foit toujours la
 même matière magnétique, qui forme ces tourbillôns ; une bonne partie s'en
 échappera fans-doute , tant vers B que vers les côtés, en féifant le tour;
 mais, en récompén{e, il entrera par les bouts aa de nouvelle matière
 magnétique , deforte que la matière qui confitue le tourbillon, eft
 compenfée & bien variable ; il fe confervera cependant toujours un
 tourbillon magnétique, dont l'aimant fera entouré, & qui produit les
 phénomènes obfervés ci-deffus dans la limaille de fer, qu'on Jette autour de
 l'aimant. V= A. voudra bien faire attention que le mouvement de la matière
 magnétique dans le tourbillon , eft incomparablement plus lent hors de
 l'aimant, que. dans les tuyaux magnétiques où G 4

ce cie 104 LETTRES À UNE PRINCESSE elle est feparée de
 Péther, apres y 'avoir été pouflée par toute la force élaftique de ce dernier;
 & qu'en fortant, elle s'y mêle de nouveau, & doit y perdre la plus grande
 partie de fon mouvement, ce qui fait que fa vitefle pour rentrer par les bouts
 #a a eût incomparablement moindre que dans les canaux magnétiques 4b,
 quoique très-grande encore à notre égard. V. À. comprendra donc aïfement,
 que les bouts des canaux magnétiques, -par lefquels la matiere entre & {ort
 de l'aimant, font ce que nous nommons {es poles, & que les poles
 magnétiques d'un aimant ne font rien moins que des points mathématiques ,
 toute la place où les bouts des canaux magnétiques aboutiffent, étant un
 pole magnétique, comme dans l'aimant représenté fi. 6. Tab'II. où toutes les
 furfaces A & B font les deux poies. Or comme ces poles font diftingués en
 boréal & méridional , on ne fauroit dire fi c'est par le boréal ou le
 méridional, que la matiere magi que entre dans les aimants. V. À. verra dans
 là fuite, que tout phénomène produit par l'entrée & la fortie, fe reflémble fi
 parfaitement, qu'il paroît impoffible de décider cette queftion par les
 expériences. -Il fera donc indifférent de {uppofer, que la matiere magnétique
 entre ou forte par le pole boréal, ou par le méridional. Quoiqu'il en foit, je
 défignerai par la lettre À , le pole où la matiere magnétique entre, & par B,
 celui où elle:fort, fans me foucier le

D'ALLEMAGNE. TO\$ quel est boréal ou méridional. Je pañle à ces tourbillons, pour juger comment deux aimants agissent l'un sur l'autre. Supposons, Tab. III. fig. 2. que deux aimants AB & ab se regardent par les poles de même nom A, a, & leurs tourbillons feront tout-à-fait contraires entr'eux. La matiere magnétique qui est en C entrera par A & par a, & ces deux tourbillons tâchant de se détruire l'un l'autre, la matière qui avance par E pour rentrer en A rencontrera en D celle de l'autre aimant, qui revient par e pour rentrer en a; il devra naître un choc entre les deux tourbillons où l'un repoussera l'autre; & cet effet réjaillit sur les aimants mêmes, qui, dans cette situation, se repoussent l'un l'autre. La même chose arriveroit si les deux aimants se regardoient par les autres poles B & b; c'est pourquoi on nomme les poles du même nom ennemis, parcequ'ils se repoussent actuellement. Mais s'ils se regardent par les poles de différens noms, il s'enfuira un: effet contraire & V. A. voit déjà, qu'ils doivent s'attirer. Dans la fig: 3. Tab. III. où les deux aimants se regardent par les poles B & a, la matiere magnétique qui sort par le pole B, trouvant d'abord la commodité d'entrer dans l'autre aimant par son pole a, ne se détournera point vers les côtés pour rentrer en A, mais pañlera directement par C dans l'autre aimant, pour en sortir en b, & faire le tour par les côtés de d pour retourner, non pas au pole c, mais à Ce-:

ati met. 106 LETTRES A UNE PRINCESSE lui À de l'autre
 aimant, en faifant le tour par e & f. Ainfi les tourbillons de ces deux aimants
 {e reuniront en un feul, comme s'il n'y avoit qu'un aimant; & ce tourbillon
 étant comprimé de toutes parts par l'éther, pouflera les deux aimants l'un
 vers l'autre, tellement qu'ils paroîtront s'attirer mutuellement. Voilà
 pourquoi les poles de diférens noms font appellés amis, & ceux du même
 nom eynemis, phénomène principal des aimants , en ce que les poles de
 diférens noms s'attirent & ceux du même nom {e repouflent. le 7
 Novembre 1761. LB EE RE CGLX XEX: Après avoir établi la nature de
 l'aimant dans ces canaux que la matière magnétique peut traverser dans un
 feul fens, parceque les foupapes, dont ces canaux font parfemés, empêchent
 le retour en fens contraire, V. À. ne doutera point qu'ils font la continuation
 de ces pores fig. 8. Tab. II. dont les poils # {ont diricés en même fens,
 deforte que plufieurs femblables particules étant jointes enfemble &
 dirigées en même fens conflituent un canal magnétique. Il ne fuffit donc pas
 que la matière de aimant renferme plufieurs particules femblables, il faut
 encore qu'elles foient difpolées

ébène ie M. Dr be DRE D'ALLEMAGNE. 107 ' RTE enforte
 qu'il en réfulte des canaux continues f d'un bout à l'autre, afin que la
 matière ma- FN gnctique puifle les traver{er. | Il y a donc apparence que le
 fer & l'acier contiennent de ces particules en grande abon- | dance , qui ne
 font pas difpolées comme je |: viens de les décrire, mais difperfées par toute
 | la mañle, & qu'il ny manque que cette difpo- Al fition pour être de vrais
 aimants. Ils confer- |. 1 vent bien alors toutes leurs autres qualités, & (pu ne
 fe diftinguent des autres morceaux de fer D & d'acier, que parcequ'ils ont
 de plus les pro- A priétés de l'aimant; une aiguille & un cou- | teau, avec ou
 fans vertu magnétique, rendent les mêmes fervices. Le changement qui fe
 fait dans l'intérieur en rangeant les particules dans l'ordre qu'exige le
 magnétifme, ne fauroit être remarqué par dehors, & le fer foit acier qui a |
 acquis la force magnétique, elt nommé aimant 1! || D EE anthracite
 mentnpereente A D pue, = artificiel, pour le diftinguer de l'aimant naturel,
 qui reflamble à une pierre, quoique les propriétés magnétiques foient les
 mêmes dans les uns & dans les autres. V. A. fera fans-doute curieule
 d'apprendre de quelle manüere le fer & l'acier peuvent être portés à recevoir
 la force magnétique, & devenir des aimants ar- EU tificiels? Rien n'eft fi
 fimple, & le voifinage Fe d'un aimant eft capable de rendre le fer un peu
 magnétique ; c'eft le tourbillon magnétique qui produit cet effet, fans que le
 fer touche lPaimant. Quelque dur que nous paroiffe le fer, les

mn iennnn 108 LETTRES À UNE PRINCESSE particules qui renferment les pores magnétiques repréentés ci-deflus, font tres-mobiles dans fa ubftance & la moindre force fuffit pour changer leur fituation. La matière magnétique du tourbillon, en entrant dans le fer, difpoiera donc aifement les premiers pores magnétiques qu'elle y rencontre, fuivant {a direction, au moins ceux dont la fituation n'elt pas fort difcrente; & les ayant traversés , elle agira de la même manière {ur les pores fuivans: jufqu'a ce qu'elle fe foit pratiqué un paflage au travers du fer, & formé par-la quelques canaux magnétiques. La figure du fer contribue beaucoup à faciliter ce changement; une figure allongée & placée felon la direction du tourbillon, y eft la plus propre, puifque la matière magnétique en paflant par toute la longueur, y difpofe beaucoup de particules dans leur juite fituation, pour former des canaux magnétiques plus longs, & il eft für, que plus il y aura de quoi former des canaux, plus ils feront longs, lans interruption, & plus le mouvement de la matière magnétique fera fort, & la force magnétique plus grande. On a remarqué'auflî que, lorfqu'on fecoue fortement, qu'on frappe le fer pofé dans un tourbillon magnétique, il en acquiert un plus haut degré de magnétifme, parce que les moindres particules font ébranlées & dcliées par ces lecouffes, pour fe prêter plus facilement à l'action de la matière magnétique qui les pénètre: Ainfi pofant Tab. III. fig. 4. une petite barre

D'ALLEMAGNE, 109 de fer ab dans le tourbillon de l'aimant AB, enforte que {a direction 4h convienne à-peuprès avec celle du courant de f de la matière magnétique, elle traversera aifément la barre & y formera des canaux magnétiques, fur-tout quand on fécoue ou frappe cette barre en même tems, pour faciliter le paflage. On voit auf que la matière magnétique qui entre par le pole À & fort par le pole B de l'aimant, entrera dans la barre par le bout à & fortira par le bout », deforte que le bout à deviendra le pole du même nom À, & b de celui B. Otant puis cette barre ab du tourbillon magnétique, elle fera un aimant artificiel, quoique bien foible, qui fournira fon propre tourbillon & conlervera fa force tant que les canaux magnétiques n'y feront point interrompus. Ce qui arrivera d'autant plus aifément que les pores du fer font mobiles; ainfi la même circonitance qui aide à produire le magnétifme, fert aufli à le détruire. Un aimant naturel n'eft pas autant fujet à Paffoibliffement, parceque fes ts {ont beaucoup plus fermes, & qu'il faut des efforts plus confidérables pour les déranger; j'en parlerai plus en détail dans la fuite. | Je me propole d'expliquer ici la manière la plus naturelle de rendre le fer magnétique , quoique laforce qu'il en acquiert foit très-petite, cela nous fervira à comprendre ce phénomène remarquable &-aflez univerfel. On a obfervé que les pincettes de cheminée & autres meubles defer-qu'on tient ordinairement dans

110 LETTRES À UNE PRINCESSE une situation verticale, ainsi que les barres de fer qu'on met sur les clochers, acquièrent avec le temps une force magnétique assez sensible ; aussi s'est-on aperçu qu'une barre de fer battue dans une situation verticale, ou rougie au feu, étant trempée dans l'eau froide dans la même situation, devient un peu magnétique ; sans l'approche d'aucun aimant. Pour avoir la raison de ce phénomène V. A. n'a qu'à se souvenir que la terre est elle-même un aimant, & conséquemment entourée d'un tourbillon magnétique, dont la déclinaison & l'inclinaison de l'aiguille aimantée montre partout la véritable direction ; si donc une barre de fer se trouve long-temps dans cette situation, nous n'avons pas lieu d'être surpris qu'elle devienne magnétique. Nous avons vu aussi, que l'inclinaison de l'aiguille aimantée est à Berlin de 72 degrés & comme dans presque toute l'Europe, elle est à-peu-près la même, cette inclinaison ne diffère que de 18° de la situation verticale ; ainsi la situation verticale ne diffère pas beaucoup de la direction du tourbillon magnétique : une barre de fer qu'on a tenu longtemps dans cette situation, fera enfin pénétrée par le tourbillon magnétique, & doit acquérir par conséquent une force magnétique. En d'autres contrées, où l'inclinaison est insensible, ce qui arrive près de l'équateur, ce n'est plus la même direction qui rend les barres-de fer magnétiques, mais plutôt l'horizontale, en sorte que leur direction convienne avec

D'ALLEMAGNE. III la déclinaison magnétique, si l'on veut qu'elles acquièrent une force magnétique. Je ne parle ici que du fer, l'acier est trop dur pour cela, il faut employer des moyens plus efficaces pour le rendre magnétique. le 10 Novembre 1761. L'ET TR Es CLRX IX: (Buvorquer la terre entière puisse être considérée comme un grand aimant, & qu'elle soit environnée d'un tourbillon magnétique, qui dirige par-tout les aiguilles aimantées, la force magnétique est pourtant très-foible & beaucoup moindre que celle d'un aimant très-médiocre, ce qui paroît fort étrange à cause de l'énorme grandeur de la-terre. C'est, sans - doute, parceque nous sommes très- éloignés des véritables poles magnétiques de la terre, qui, selon toute apparence , sont enfoncés bien profondément: or, quelque fort que soit un aimant, ce n'est que très-près de lui que la force est considérable; & plus on s'en éloigne, plus elle devient petite & s'évanouît enfin. C'est pourquoi la force magnétique qu'acquièrent avec le tems des masses de fer situées convenablement dans le tourbillon de la terre, n'est que très "petite ,: & à peine sensible; à moins que le fer ne soit très-mol &

112 LETTRES À UNE PRINCÈSSE qu'il n'ait une figure propre
 à produire un tout billon , comme j'ai eu honneur de le faire remarquer à V.
 À. Cet effet est beaucoup plus considérable près d'un aimant médiocre: de
 petites masses de fer y acquièrent bien vite une force magnétique très-
 sensible ;-aussi {ont-elles attirées vers l'aimant, au lieu que cet effet est
 imperceptible dans le tourbillon de la terre, & ne consiste qu'à diriger les
 aiguilles aimantées, sans les attirer, ni augmenter leur poids. Une masse de
 fer Tab. III. fig. 5- plongée dans le tourbillon d'un aimant, nous offre au
 des phénomènes très-curieux, qui méritent bien une explication:
 particulière; non-seulement cette masse est d'abord attirée vers l'aimant,
 mais elle attire elle-même d'autres morceaux de fer. Soit A l'aimant
 naturel, dans le voisinage duquel près du pôle B, on place la masse de fer
 CD, & l'on verra, qu'elle est capable de soutenir une barre de fer EF. Qu'on y
 applique en F une règle de fer GH; dans une situation quelconque, par
 exemple 'horizontale; en la soutenant en H, & l'on s'apercevra qu'elle n'est
 pas seulement attirée par la barre en F mais qu'elle est encore capable de
 supporter en H des aiguilles comme TA, & que ces aiguilles agissent aussi
 sur de la limaille de fer L, en l'attirant. On peut propager ainsi la force
 magnétique à des distances très-considérables, &-même la faire changer de
 direction, par la diverse-position

D'ALLEMAGNE. 113 (l tion de ces pièces de fer, quoiqu'elle diminué i de plus-en-plus. V. A. fent bien, que plus | l'aimant AB eft (fort par lui-même & plus la | premiéré male CD én eft près, plus auflî Pef. ni fet et confidérable. Féèu Mr. de Maupertuis mi llil avoit un gros aimant fi excellent, qu'à la dif. | tance de plufieurs pieds, la mañle de fer CD | nn exerçoit encore une force très-confidérable. al Pour expliquer ces phénomènes, V. À. n'a Di qu'à confidérer que la matière magnétique qui {ll {ort rapidement par le pole B de laimait, en- {il tré dans la mañle de fer & en difpofe les pores Lil à former des canaux magnétiques, qu'elle tra- il verle en fuite librement. De même, en entrant qi dans la barre, elle fe forméra des canaux ma- a gnétiques & ainfi de fuite. Et puifque la ma- (ul tière magnétique éh {ortant d'un corps entre Mill dans un autre, ces deux cotps doivent s'atti. rer mutuellement, par la même raifon que j'ai prouvé que deux aimants qui fe regardent pat | leurs poles amis doivent s'attirer ; & toutes les jt fois que nous voyons que deux fers s'attirent, 19 nous pouvons conclurre fûrément que la ma- {EE tière magnétique qui fort de l'un, entre dans: ll l'autre, pat le mouveñient continuel avec le- an quel elle s'introduit dans ces corps: C'eltainfi A I que, dans la difpofition mentionnée des pié- {in ces defer, la nitière magnétique les enfile tou- | tes par {on mouvement, feule raifon de leur attraction mutuelle. Lil Les mêmes phénomènes arrivent éncore, | lorfqu'on tourne vers la mañle de fer, l'autre RUE Tom. TIT. H EI

114 LETTRES À UNE PRINCESSE pole À de l'aimant, où entre
 la matière magnétique : le mouvement devient alors rétrograde, & conferve
 la même route; car la matière maenétique contenue dans la: mafle de fer,
 s'en échappera alors pour fe précipiter dans l'aimant, & fera en s'échappant
 les memes efforts pour y ranger les pores convenablement, que fi elle
 entroit avec rapidité dans le fer. Il faut donc pour cela que le fer foit aflez
 mol, & que fes pores fléchiflent aifément, pour obéir aux efforts de la
 matière magnétique. Une difhculté que V. À. trouvera fans-doute, confifte à
 expliquer pourquoi la matière magnétique, en entrant dans une autre piece
 de fer, change de direction & fe règle fuivant la longueur des pièces, comme
 j'ai repréfénté fon cours dans la figure ? C'est un article fort important dans
 la théorie du magnétifme, & qui nous fait voir combien la figure des pièces
 de fer contribue à la production des phénomènes magnctiques. Pour-
 éclaircir cette circonftance , il faut fe fouvenir que notre matière {ubtile {e
 meut trèsaisément danses pores magnétiques où elle eft {éparée de léther, &
 qu'elle rencontre des obitacles très-confidérables, lorfqu'elle s'échappe des
 pores. magnétiques avec toute {a viteile pour rentrer dans l'éther & dans
 l'air. Suppofons Tab. III. fig. 6. que lamatière magnétique, après avoir
 traversé la-barre de fer CD entre dans la règle de fer. EF pofée
 perpendiculairement. Elle conferveroit bien en entrant

D'ALLEMAGNE. | I11\$ la même direction pour fortir en #1; fi
 elle ne trouvoit pas une route plus aïfée pour continuer {on mouvement:
 mais rencontrant en # les plus grands obitacles, elle change d'abord tant.
 {oit peu, de rs vers. F , 'ou trouvant des pores propres à la continuation de
 fon mouvement, elle fe détournera de plus en plus.de fa première direction,
 pour traverser la règle EF dans toute fa longueur 5 & comme {1 la matière
 magnétique évitoit de fortir du. fer, elle tache d'y continuer fon. mouvement
 tant qu'elle peut , en profitant de la longueur de. la règle ;.mais.elle fortiroit
 fans-doute eus, fl la règle étoit tres-courte. Or la longueur. de la règle lui
 offrant un efpace à parcourir, elle {uit la, direction EF, jufqu'à ce qu'elle
 foit obligée de s'échapper en. F, où.tous les, canaux magnétiques, formés
 félon la même direction, ne permettent plus que la matière fubtile près de
 F,.puifle encore changer de direction & retourner lé long de la règle; ces
 canaux étant non-feulement remplis de la matière qui traverse,smas
 incapables par leur nature, de recevoir du mouvement en fens contraire. le
 14, Novembre 1761. H N

= a IT6 LETTRES À UNE PRINCESSE CET TER ETCEXXX I
 À V7. A. vient de voir comment le fer peut recevoir le courant magnétique d'un aimant, le conduire à des distances assez considérables, & même en changer la direction. Joindre un aimant à des pièces de fer, est donc à-peu-près la même chose que l'agrandir, puisque le fer acquiert la même nature à l'égard de la matière magnétique; & comme on peut encore par ce moyen changer la direction du courant magnétique, puisque les pôles sont les endroits où la matière magnétique entre & sort de l'aimant, on est maître de transporter les pôles où l'on veut. | C'est sur ce principe qu'est fondée l'armature des aimants, qui mérite bien que j'en donne une idée à V. A. puisque les aimants sont portés par-là à un plus haut degré de force. | On donne ordinairement aux aimants, en les tirant des mines, Tab. III. fig. 7. la figure d'un parallélépipède ou d'un parallélogramme rectangle avec une épaisseur comme $\overline{AA'}$ $\overline{BB'}$, dont la face $\overline{AA'}$ est le pôle où la matière magnétique entre, & $\overline{BB'}$ celui où elle sort, Il est donc rempli selon la longueur $\overline{AB}$ des canaux magnétiques $a b$, que la matière magnétique traverse librement sans mélange d'aucun éther, avec la plus grande rapidité,

D'ALLEMAGNE. 117 pouflée par la force élaftique de l'éther.

Voyons maintenant de quelle manière on eft accoutume d'armer un aimant pareil. On applique à chaque face À À & BB Tab. III. fig. 8. où fe trouveñt les deux poles de l'aimant, des plaques de fer aa & bb terminées en bas en boutons % & \$B; qu'on nomme les pieds; c'eft ce qu'on appelle l'Parmature de l'Paimant, & on dit alors qu'il eft arme. Dans cet état, la matière magnétique, qui feroit échappée par la face BB entre dans la plaque de fer bb, où la difficulté de s'échaper fuivant fa direction dans l'air, l'oblige de changer de direction & de couler le long de la plaque 2 b dans le pied 3, où elle eft bien obligée de fortir, ne trouvant plus de fer pour continuer fon mouvement. Il en eft de meme de l'autre côté, la matière fubtile y fera conduite par le pied %, d'où elle pañera par la plaque a a en changeant de direction pour entrer dans l'aimant & y parcourir les canaux magnétiques. Car la matière fubtile contenue dans la plaque entre d'abord dans l'aimant; elle eft fuivie par celle qui fe trouve dans le pied %, remplacée à {on tour par celle dedehors, qui y étant pouflce par l'élafticité de léther, pénètre le pied % & la plaque a avec une rapidité, dont la véhémence et capable d'y arranger les poles, & de former des Catlaux magnétiques. L'on voit par-là que le mouvement doit être le même des deux côtés, avec cette difcH 3

TIS LETTRES À UNE PRINCESSE rence, que la matière
 magnétique entrera par le pied À & fortira par le pied B, de forte que c'est
 dans ces pieds que se trouvent les poles de l'aimant armé; & comme les
 poles répandus auparavant par les faces AA & BB sont à présent réunis dans
 les bords des pieds A & B, il est très-naturel que la force magnétique doit
 être considérablement plus grande dans ces nouveaux poles. Aussi, dans cet
 état, le tourbillon magnétique se formera-t-il plus aisément : la matière
 magnétique qui sort par le pied B retournera facilement dans le pied A, en
 passant par C & le reste du corps de l'aimant ne sera plus entouré d'aucun
 tourbillon, si quelque peu de matière magnétique n'échappe pas par la
 plaque bb, pour n'avoir pu changer si subitement : & si n'en entre quelque
 peu par la plaque cc, d'où naîtra un faible tourbillon, qui conduiroit la
 matière subtile immédiatement par la plaque bh en aa; cependant si
 l'armature est bien faite, ce second tourbillon est presque insensible, & par
 conséquent le courant entre les pieds est d'autant plus fort, La règle
 principale pour bien armer les aimants, est de bien polir tant les deux faces
 À & B de l'aimant que les plaques de fer, de forte qu'en les appliquant,
 elles touchent parfaitement l'aimant par-tout, la matière subtile passant
 aisément de l'aimant dans le fer, quand il n'y a point d'autre matière
 entr'eux; mais si y avoit un vuide ou de l'air entre

D'ALLEMAGNE. 119 Paimant & les plaques, la matière magnétique perdrait presque tout son mouvement, son cours feroit interrompu, & ne suffiroit plus pour se frayer le chemin par le fer, en y formant des canaux magnétiques. Le fer le plus mol & le plus doux est à préférer pour ces armatures, parceque ses pores se plient & se rangent fort aisément selon le courant de la matière magnétique; aussi ce fer paroît-il très-propre à faire changer subitement la direction du courant; il semble même que la matière magnétique afeûte d'y pourfuivre sa route aussi longtemps qu'il est possible, & n'en Qort., que lorsqu' elle ne peut plus y continuer son mouvement : elle aime mieux faire de grands tours que de le quitter. Ce qui warrive pas dans l'aimant même, où les canaux magnétiques sont déjà formés, ni dans l'acier, dont les pores n'obéissent pas si aisément aux efforts d'un courant magnétique. Mais quand une fois ces canaux sont formés dans l'acier, ils se maintiennent plus longtemps, & conservent leur force magnétique ; tandis que le fer doux, quelque force qu'il do exercé dans sa jonction avec un aimant, a perd presque tout-a-fait, dès qu'on l'en separe. Il faut consulter l'expérience pour les autres circonstances de l'armature; on trouve quant aux plaques, que trop ou trop peu d'épaisseur sont nuisibles ; mais d'ordinaire, les plaques les plus convenables sont très-minces, ce qui H 4

= ee a 120 LETTRES À UNE PRINCESSE paroîtroit fort étrange, si nous ne favions pas que la matière magnétique est beaucoup plus subtile que l'éther, & que, par conséquent, la plaque la plus mince est suffisante pour en recevoir une très-grande quantité. le 17 Novembre 1761. EP T RRE GLXXXAIT, CEST donc aux pieds de son armature, qu'un aimant exerce sa plus grande force, puisque ces poles. y sont réunis; & chaque pied est capable de supporter un poids de fer, d'autant plus grand, que l'aimant est bon & excellent. Ainsi Tab. III. fig. 9. un aimant A A BB armé de plaques de fer a a: & bb terminées par les pieds X & S, portera non-seulement par le pied J la règle de fer CD, mais celle-ci en portera une autre plus petite GH, qui portera à son tour encore une aiguille IK, qui enfin attirera de la limaille de fer L; parceque la matière magnétique enfile toutes ces pièces pour entrer dans le pôle #; ou si c'étoit l'autre pôle, par lequel la matière magnétique sort de l'aimant, elle enfileroit de la même manière les pièces CD, EF, GH, IK; or toutes les fois que la matière, en sortant d'une pièce de fer,..entre dans une autre, on

D'ALLEMAGNE. 121 observe une attraction entre les deux pièces, ou plutôt elles sont poussées l'une à l'autre par l'éther environnant, parce que le courant de la matière magnétique entrelacée, diminue la pression de l'éther. : Quand on charge ainsi l'un des pôles de l'aimant, le tourbillon souffre un changement de direction très-essentiel; car comme, dans cette charge, la matière magnétique qui sort du pôle S en détournant son cours coule vers l'autre pôle N, maintenant l'entrée dans ce pôle étant suffisamment fournie par les pièces extérieures, il faut bien que la matière qui sort du pôle S prenne un tout autre chemin qui la conduise enfin à la dernière pièce IK,. Une portion en sera sans-doute attirée vers la pénultième GH & vers les précédentes, puisque les suivantes comme plus petites ne fournissent pas suffisamment aux précédentes, mais toujours le tourbillon s'étendra jusqu'à la dernière. Par ce moyen, en proportionnant bien toutes ces pièces entr'elles, en longueur & en épaisseur, l'aimant est capable d'en porter beaucoup plus, que si on le chargeoit d'une seule pièce, où la figure entre autres principalement en considération. Mais pour lui faire porter la plus grande charge qu'il soit possible, il faut faire en sorte que les deux pôles réunissent leurs forces. Pour cet effet on applique Tab. IV. fig. 1. aux deux pôles X & Y un morceau de fer doux CD, qui touche parfaitement les bords de ces pôles ES ES 21 = — Le Ses © de mm qi

= er — 122 LETTRES A UNE PRINCESSE des pieds, & dont la figure foit telle, que la matière magnétique qui fort par 3, y trouve le pañlage le plus commode pour rentrer par l'autre bout Y; un morceau de fer pareil s'appelle fupport de l'aimant, & comme la matiere magnétique y entre en fortant de l'aimant en 3, & rentre dans l'aimant en Y en fortant du fupport, celui-ci fera attire aux deux poles à la fois, & y tiendra par confequent avec une très-grande force. Pour connoître celle que aimant y exerce, On attache au fupport par le milieu F un poids, qu'on augmente jufqu'à ce que Paimant ne foit plus capable de le foutenir, & on dit alors que ce poids contrebalance la force magnétique de l'aimant: c'eit ce que V. À. doit entendre quand on dit, que tel aimant porte dix livres, un autre trente livres &c. (On prétend que le cercueil de Mahomet eft porte par la force d'un aimant, ce qui ne feroit pas impoñible, puifqu'on a déjà fait des aimants artificiels qui portent audelà de 100 livres. Un aimant garni de fon fupport, ne perd rien de la matière magnétique, qui achève fon tourbillon entier au-dedans de l'Paimant & du fer, deforte que rien n'en échappe dans Pair: Puis donc que le magnétifme n'exerce fa force qu'autant que la matière magnétique s'échape d'un corps pour rentrer dans l'autre, un aïmant dont le tourbillon eft fermé, ne devroit exercer nulle-part de force magnétique: cependant quand on le touche {ur la plaque en #

ui | < <= x; >» CREER en me ht Eee he D'ALLEMAGNE. 122
 avec la pointe d'une aiguille, on y fent une forte attraction, parceque la
 matière magnéti- fl que étant obligée de changer {ubitement de nl direction
 pour entrer dans les canaux de lai- | mant, trouve une route plus commode
 en tra- el far aiguille, qui par conféquent fera at- | Ë a la Plaque a a Mais,
 par la meme, le tourbillon {era dérangé en-dedans, il ne coulera plus fi
 copieusement dans les pieds ; & fi l'on touche la plaque par plufieurs
 aiguilles, (4 Où qu'on y se des règles de fer plus for- {Il tes, on détruira tout-
 àfait le courant des | pieds & Ja force qui attire le fupport s'éva- | nouïra
 entièrement, deforte qu'il fera arrache fans' effort; on reconnoit par-là, que
 les pieds il perdent leur force magnétique d'autant que | l'aimant en exerce
 en d'autres endroits, & l'on LE elt en état d'expliquer par ce moyen
 plufieurs phénomènes très-furprenans ; qui, fans la fl théorie, feroient
 abfolument infolubles. | Ent C'est ict la place de l'expérience qui nous [ru
 montre qu'après avoir appliqué à un aimant HI arme fon fupport, on peut
 augmenter de jour en {I jour le poids qu'il eft capable de porter, qui | pourra
 furpañler enfin le double de celui qu'il ll avoit porté d'abord. Il faut donc
 faire voir | comment la force magnétique peut augmenter avec le tems dans
 les pieds de l'armature. Le | cas rapporté ci-deflus du dérangement du tour- |
 billon nous apprend, qu'au moment qu'on: ap- Lil plique le fupport, le
 courant de matière ma- AI gnétique elt encore aflez irrégulier , qu'une | #
 ++ (arts [qs)

= = ee 124 LETTRES À UNE PRINCESSE bonne partie s'en échapera encore par la plaque bb, & que ce ne fera qu'avec le tems qu'elle se frayera des canaux magnétiques par le fer; auf eſtil probable que, lorſque le courant eſt devenu plus libre, il ſ'en formera de nouveaux dans l'aimant même, entant qu'il contient, outre ſes canaux fixes, des poles mobiles comme le fer. Mais dès qu'on arrache le ſupport, le courant en étant troublé, & ces nouveaux canaux detruits en grande partie, la force redevient ſubitement auſſi petite qu'au commencement, & il faut attendre quelque tems, juſqu'à ce que ces canaux avec le tourbillon. ſoient remis dans leur état précédent. J'avois fait autrefois un aimant artificiel, qui ne portoit d'abord que dix livres, & quelque tems après je fus très-ſurpris de voir qu'il en portoit plus de trente, On remarque, principalement dans les aimants artificiels, que le tems ſeul les renforce très-confiderablement, mais que cet accroifſement de force ne dure que juſqu'à ce qu'on en arrache le ſupport.

le 21 Novembre 1761.

D'ALLEMAGNE. 12\$ me L'EST: TRE SCEXXRXTIEE Après avoir expliqué à V. À, la nature des aimants en général, il me refte un article aufli curieux qu'intéreflant, fur la manière dont on communique au fer & principalement à l'acier la force magnétique, & même la plus grande poffible. V. À. a bien vû que, plaçant du fer dans le tourbillon magnétique d'un aimant, il acquiert une force magnétique, mais qui s'évanouït prefque tout-à-fait, dès qu'on l'éloigne de l'aimant, & que le tourbillon feul de la terre eft capable d'imprimer au fer avec le tems une légère force magnétique; or l'acier étant plus dur que le fer, & prefque tout-à-fait infenfible à cette action du tourbillon magnétique, il faut des opérations plus fortes pour lui donner le magnétifme, mais auffi conlerve-t-il la force magnétique plus longtems. Il faut pour cela recourir à l'attouchement & même au frottement : je commencerai donc par expliquer de quelle méthode on fe feroit ci-devant, pour rendre magnétiques les aiguilles dont on fe fert dans les boufoles; toute l'opération confiftoit à les frotter au pôle d'un aimant excellent nud, ou armé. On poloit l'aiguille & bc Tab. IV. fig. 2. fur une table, & on pañoit le pôle B de l'aimant

> ER. EE ame 126 LETTRES À UNE PRINCESSE par deflus, de b vers a, & étant parvenu au bout #, on levoit l'aimant bien haut & on le ramenoit par l'air en ; on répétoit cette opération plusieurs fois de suite, en prenant bien garde que l'autre pôle de l'aimant, qui auroit tout gâté, n'approchât point de l'aiguille. Après avoir passé quelquefois le pôle B de l'aimant {ur l'aiguille de » en 4, on verra que l'aiguille est devenue magnétique, & que le bout » fera le pôle du même nom que celui de l'aimant dont on a frotté. Si l'on veut que le bout 2 devienne le pôle boréal, en frottant avec le pôle boréal de l'aimant, il faut passer de b vers a; mais si l'on vouloit frotter avec le pôle méridional, il faudroit l'appliquer au bout #, & le conduire à celui 2. Cette manière de frotter ou toucher, est nommée à fimple touche, puis qu'on ne touche que d'un seul pôle; mais elle est fort defectueuse, & ne communique que peu de force à l'aiguille, quelque excellent que fut l'aimant; auf ne réuflit-elle pas, lorsque l'acier est porté au plus haut degré de dureté, ce qui {eroit pourtant l'état le plus propre pour la confervation du magnétisme. . V. À. jugera elle-même fort ailement des défauts de cette manière à la fimple touche. Supposons que B soit le pôle de l'aimant par où soit la matière magnétique, puisque les effets des deux pôles sont si semblables, qu'il est impossible d'y remarquer la moindre différence: ayant posé le pôle sur le bout. de l'aiguil

D'ALLEMAGNE. 127 le, la matière magnétique y entre avec toute la rapidité dont elle se meut dans l'aimant, incomparablement plus grande que celle du tourbillon qui est dans l'air hors de l'aimant; mais que deviendra cette matière dans l'aiguille ? elle ne fauroit sortir par le bout b, elle s'efforçera donc de percer par l'aiguille vers a, & le pôle B marchant du même côté favorisera ces efforts; mais dès que le pôle B parviendra vers ; la difficulté de sortir par le bout a causera des efforts contraires, dont la matière magnétique sera poussée de a vers b; & avant que le premier effet soit entièrement détruit, celui-ci ne fauroit avoir lieu. Ensuite quand on porte de nouveau le pôle B sur le bout b, on détruit encore ce dernier effet, mais pourtant sans produire un courant en sens contraire de b vers a, & par conséquent, lorsque le pôle B parviendra au-delà de c vers a, il produira plus aisément un courant de a vers b, sur-tout quand on appuyera plus sur la moitié ca: d'où il est clair, que l'aiguille ne fauroit acquérir que peu de force magnétique. Quelques-uns au lieu ne frottent Tub. III. fig. 10. que la moitié c a en passant de c vers a, & d'autres ne font que toucher le bout a de l'aiguille par le pôle B de l'aimant, & cela à-peu près avec le même succès. Mais il est évident que la matière magnétique qui entre par le seul bout a, ne fauroit agir assez vigoureusement sur les pores de l'aiguille, pour les arranger conformément à la nature magnétique, & que

= 2 Ü 128 LETTRES 4 UNE PRINCESSE la force qui lui fera imprimée par cette méthode, doit être très-petite, @ & même nulle, ff l'acier est bien trempé. Il me semble donc qu'on pourroit remédier a ces défauts de /4 frmp le touche, de la manière suivante ; du fucces de laquelle je ne doute point quoique je ne l'aye pas essayée encore, mais d'autres expériences m'en afflurent. Je voudrois Tab. III. fig. 11. enchafler le bout b de l'aiguille dans une règle de fer doux EF; & je crois qu'il feroit bon de faire cette règle tres-mince .& aussi étroite que possible, mais le bout doit y être parfaitement appliqué & même encastré dans un creux bien ajusté. Quand on pose le pôle B de l'aimant sur le bout a de l'aiguille, la matière magnétique qui y entre, ne trouvant presque aucune difficulté à traverser la règle de fer, prendra d'abord son cours dans la direction bd; & à mesure que le pôle avance vers &, la matière magnétique n'a pour continuer ce cours, qu'à arranger les pores sur lesquels elle agit immédiatement; & quand on sera parvenu jusqu'en 2, tous ces pores, ou au moins la plupart, feront déjà disposés suivant cette direction. Quand ensuite on recommence à frotter le bout, on ne détruit rien, mais on continue de perfectionner le courant de la matière magnétique, suivant la même direction b d'en arrangeant aussi les pores qui ont résisté à la première opération, & ainsi les canaux magnétiques, dans l'aiguille, deviendront toujours plus parfaits. Quelques traits du

| natif n | D'ALLEMAGNE. - + 29 du pole B feront fuffifans pour cela pourvu que l'aimant ne foit pas trop foible: & je ne doute pas que l'acier le mieux trempé, ou rendu aufi dur qu'il eft poffible, n'obéiffe à cette méthode; ce qui eft un grand avantage pour la conftruction des bouffoles, puifqu'on a remarqué que les aiguilles ordinaires perdent fouvent, par un léger accident, toute leur force magnétique; ce qui expoferoit les vaiffeaux aux plus grands dangers, fi l'on n'en avoit pas d'autres en réferved. Mais quand on fait les aiguilles d'un acier bien trempé, ces accidens ne font point à craindre, & comme il faut plus de force pour les rendre magnétiques, elles confervent cette qualité avec plus de vigueur. le 24 Novembre 1761. LETTRE CLXXXIV: Au lieu de cette méthode d'aimanter le fer ou l'acier par la fimple touche, en le frottant d'un feul des poles d'un aimant, on fe fert aujourd'hui de la double touche, où l'on frotte avec les deux poles à la fois; ce qui fe fait aifément par un aimant armé. Soit EF Tab. IV. fig. 4. une barre de fer ou d'acier, qu'on veut rendre magnétique, après l'avoir bien fixée fur une table, on y pofe les deux pieds A & B d'un aimant. Dans cet état, Tom. III. |

— se er. a — 130 LETTRES À UNE PRINCESSE V. À. verra
 aisément que la matière magnétique qui sort de l'aimant par le pied B
 pénétrera dans la barre, & s'y répandra en tous sens, si le pied A n'attire
 de son côté la matière magnétique contenue dans les pores de la barre. Cet
 épuisement en d déterminera donc la matière qui entrera par le pôle B, à
 prendre son cours de c vers d, pourvu que les deux pôles A & B ne soient
 pas trop éloignés l'un de l'autre. Alors le courant magnétique le franchira
 chemin dans la barre pour passer du pôle B dans celui A, en y disposant les
 pores à former des canaux magnétiques ; il est fort aisé de s'assurer si cela
 arrive; on n'a qu'à voir si l'aimant est fortement attiré à la barre, ce qui ne
 manque jamais , si la barre est de fer doux, puisque la matière magnétique le
 pénètre aisément. Mais si la barre est d'acier, l'attraction est souvent fort
 petite, ce qui est une marque que la matière magnétique n'est pas capable de
 s'ouvrir le passage de c vers d, d'où l'on conclut que l'aimant est trop faible
 . ou que l'espace entre les deux pôles est trop grand: il faudra donc
 employer dans ce cas un aimant plus fort, ou dont les pieds soient plus
 proches, soit enfin changer l'armature. de l'aimant comme en Pl. 3. Tab. 1F.
 | Mais voici des moyens pour remédier à cet inconvénient. Ayant disposé
 Tab. 1V: fig. 4. dans les petits intervalles cd, les pores convenablement au
 magnétisme , il faut passer & repasser plusieurs

D'ALLEMAGNE, 131 fois l'aimant-dur-la barre d'un bout à l'autre, sans l'en ôter. qu'on ne s'aperçoive que l'attraction n'augmente plus; car il est sûr que l'attraction croît à mesure que la force magnétique augmente... La barre EF deviendra magnétique -par cette opération, en sorte que le bout E vers lequel le pôle A étoit tourné, fera le pôle ami de A; & par conséquent: du même nom que l'autre pôle B. Ensuite, en ôtant l'aimant, puisqu'il y a des canaux magnétiques formés par toute la longueur de la barre; la matière magnétique répandue dans l'air traversera ces canaux & fera de la barre un véritable aimant. Elle entrera par le bout a & sortira par celui »;! d'où une partie, au moins, retournera en a & formera un tourbillon selon que la figure de la barre le permet. Je remarque ;:à cette occasion, que la formation d'un tourbillon est absolument nécessaire pour augmenter le magnétisme; car si toute la matière magnétique qui sort par le bout a échappoit, & se dissiperait entièrement; sans retourner en a; l'air n'en fourniroit pas assez à l'autre bout &, ce qui diminueroit la force magnétique. Mais si une bonne partie de celle qui échappe par le bout, retourne en a, l'air est bien suffisant pour fournir le reste ; & peut-être encore davantage: si les canaux magnétiques de la barre sont capables de la recevoir ; la barre acquerra donc: alors une force magnétique beaucoup plus grande. Cette considération me conduit à exposer à E 2

= ae on Le 132 LETTRES À UNE PRINCESSE V. À. comment on peut conferver la maticre magnétique dans les barres aimantées. (Coinme il s'agit d'empêcher que la matière magnétique qui les traverse, ne se difperfe dans l'air, on difpofe toujours ces barres par paires, qui font de même grandeur. On les met fur une table, dans une fituation parallele, enforte que les poles amis ou de diférens noms foient tournés du même côté, comme Tab. IV. fig. 5. MM & NN repréfentent les deux barres, dont les poles amis ab, ba {ont tournés du même côté. Pour ne pas se tromper, on fait d'abord fur chaque barre une marque X, au bout où eft le pole boréal, & on applique de chaque côté un morceau de fer doux ÉE & FF, pour recevoir le courant magnétique. De cette manière, toute la matière magnétique qui traverse la barre MM & qui fort par le bout b, pañle dans le morceau de fer EE & s'y ouvre aifément un chemin, pour pañler dans le bout a de l'autre barre NN, d'où elle entrera par le bout 2 dans l'autre morceau de fer FF qui la reconduit dans la première barre MM par le bout a. C'est ainfi que la matière magnétique continuera à circuler, fans qu'il en échappe rien; & en cas même qu'il n'y en eut pas d'abord aflez pour remplir le tourbillon, Pair fournira le refte, & le tourbillon, par les deux barres, reftera dans toute {a force. On peut aufi employer cette difpofition des deux barres pour les aimanter l'une & l'autre à la fois. Il faut pañler les deux poles d'un ai

D'ALLEMAGNE. 133 .mant fur lès deux-barres, en pañlant de l'une à l'autre par les morceaux de fer, & faire plufieurs tours, en obfervant foigneufement que les deux poles de l'aimant: A & B foient tournés comme la figure l'indique. Cette manière. d'aimer deux barres à la fois, doit être plus efficace que la précédente, puifque dès le premier tour qu'on aura fait avec l'aimant, la matière magnétique commencera à couler par les deux barres, moyennant les deux morceaux de fer. En fuite en continuant à le pañler {ur les deux barres, on y rangera une plus grande quantité de pores conformément au magnétifme, & on ouvrira plufieurs canaux magnétiques, dont le tourbillon fera fortifié de plus en plus; fans fouffrir aucun affoibliffement.. Si les barres font épaiffes, il fera bon de les tourner & de les frotter, de la même manière fur les autres: faces, afin que l'action magnétique le 'pénêtré tout-à-fait. . _ :: Aprèskavoir;acquis ces barres magnétiques MM, ,NN'Tab. 1 IV. fig. 6. on peut s'en fervir au lieu d'aimant naturel, pour en aimer d'autres. On les joint enfemble en haut, de {orte que les deux poles amis « b fe touchent, & on-éloigrie en bas les deux autres poles b & æ, autant qu'on le juge à propos. En fuite on frotte par les deux bouts d'en bas, qui tiennent lieu des deux poles d'un aimant, deux autres barres EF de la manière que J'ai expliqué ci-deflus. Comme ces deux barres font jointes en forl 3

= me ET 2 134. LETTRES 'À UNE PRINCESSE me de compas;
on a la commodité de les ouvrir-ail peu EE, veut; à quot un aimant n'est
pas propre; & le courant magnétique paf_ fera: aitement en haut, où es
barres {e touchent, de l'une dans l'autre; 'on pourroit encore y'mettre un
petit morceau de: fer doux P, pout mieux: entretenir: ce courant; de cète
manière ; 'On aimantnera 'très: prôment 'autant de doubles barres qu'oir
voudra. le 28 Novembre 1761. LETTRE. CLXXX Ve {Durant cette
manière d'aimanter à doublé touche. foit très-préférable à la précédente;
lon ne fauroit cependant porter la force magnétique ru-delà d'un certain
degré.e! Soit qu'on fe ferve d'un aimant naturel ; "ou'dé! deux barres
magnétiques pour frotter-: d'autres barres, ! celles-ci r'acquerront jamais
autant \ 'de force que celles-là; Veffet ne 'pouvait 'jamais l'être: i plus grand
que la cause.!t Si les' barres avec lefquel tek on frotte, out peu de force,
celles qui {ont frottées en atout encore moins; la raifon 'en: est évidente ::
car comme. des barrés deftitues de' force magnétique ne fauroient en
produire en d'autres , 'uné force magnétique médiocre: n'efke pas capable
d'en produire une plus grande, aütmoins par la méthode que Je viens de
décrire:

1 | { | | } D'ALLEMAGNE. 135 | | Mais on ne doit pas prendre
 cette règle à la | rigueur; & croire qu'il foit impossible de pro- (L duire une
 plus grande force magnétique, à l'ai- Lo de d'une plus petite. J'aurai
 honneur d'ex- (L pliquer à V. À. une méthode, par laquelle on FAN peut
 augmenter la force magnétique prefqu'auf- nn fi loin qu'on veut en
 commençant par la plus petite. C'est une découverte moderne, qui mérite
 d'autant plus d'attention, qu'elle nous {LUI éclaire incomparablement
 mieux la nature du il magnétisme. ana Supposons qu'on n'ait qu'un aimant
 tres. foi- pull ble, ou, au défaut d'aimant naturel, des bar- quil res de fer
 rendues un peu magnétiques par le All | | = nd feul tourbillon de la terre,
 comme je l'ai ex- {li poié à V. A: dans mes lettres précédentes; il | faut fe
 procurer huit barres d'acier fort petites qi & point trempées , pour recevoir
 plus aisément la petite force magnétique que le foible aimant, ou ces barres
 un peu magnétiques ; {ont capa- | bles de leur communiquer, en frottant
 chaque | paire ou couple, de la manière que j'ai expo fée précédemment.
 Ayant donc quatre paires de: barres tant {oit peu magnétiques , - on en prend
 deux. paires! qu'on joint enfemble com: { | me on: voit en fig. 7. Tab. IV. qe
 En réunissant les deux barres par les poles 'de bn même nom, on n'en fait
 qu'une épaisse du un double, dont on forme le compas AC & BD qui fe
 touchent en haut CD , où pour entretenir mieux le courant magnétique , on
 peut {ll mettre un morceau de fer doux P. Onen'ou- il V2 | | HA |

L 136 LETTRES À UNE PRINCESSE vre les jambes, autant qu'on le juge à propos, & l'on en frotte, l'une apres l'autre; les autres qui, par ce moyen, acquerront plus de force qu'auparavant, puifque la force des deux paires s'y réunit. On n'a puis qu'à joindre ces deux paires nouvellement frottées, de la même manière, &.en, frotter l'une apres. l'autre les deux paires dont on s'etoit {ervi la premiere fois, &la force de celles-ci fera confidérablement augmentée. On joindra enfuite ces. deux paires enfemble, & on frottera encore les autres pour. y augmenter la force magnétique, & on continuera de frotter alternativement deux paires par les deux autres : on les portera par cette opération à un tél degré de force, qu'il ne {era plus {ufceptible. d'augmentation ultérieure, meme en la continuant plus longtems. Quand .on-a plus de quatre paires de ces barres, au Jieu de deux paires, on peut en joindre trois enfemble, & frotter enfuite les autres; on les portera plus vite, par cé moyen, au plus haut déere. Les plus grands obftacles font done furmontes,.& , par "le moyen de-ces barres: jointes pat deux ou plufieurs paires enfemble, on en frottera d'autres d'acier bien trempé, & qui font; ou de:même grandeur ; ou plus grandes encore que les premières, auxquelles on communiquera ainfi la plus grande force :dont elle es foient fufceptibles. En commençant par les barres que Je viens de décrire, on. peut :poufler: ces opéra

D'ALLEMAGNE. 137 tions jufqu'à des barres d'une grandeur énorme, & faites de bon acier trempé, moins fujet à perdre la force magnétique. Il faut feulement obferver que, 'pour frotter de grandes barres, il faut en joindre plufieurs paires enfemble, dont le poids foit au moins le double de celui d'une grande barre. : Mais il vaudra toujours mieux aller par degré , & frotter chaque efpece de barres par d'autres qui ne foient pas beaucoup plus petites, ou il fufhroit d'en joindre deux paires: car quand on eft obligé d'en joindre plufieurs paires, les bouts par lefquels on frotte ont trop d'étendue , &:la matière magnétique, qui pañle par-là, s'empéchera ellemême de fe diriger fuivant la barre frottée; & d'autant plus, qu'elle.entre dans la barre perpendiculairement, & qu'il faut qu'elle y prenne une direction horizontale, Pour faciliter ce changement de direction, il eft bon que la matière magnétique y {oit conduite par un petit efpace, & qu'elle ait déjà une direction approchante de celle qu'elle doit prendre au-dedans de la barre touchée; je crois qu'on .réufliroit, à cet égard, de là manière fuivante. La fig. 8. Tab. IV. repréfente cinq paires MM, NN jointes enfemble, mais pas en forme de compas. : Il ya.en haut une barre de fer doux CD pour entretenir le tourbillon ; je ne frotte point en bas immédiatement par les bouts des barres , mais j'enchañle ces bouts de chaque côté dans un pied de fer doux, en les affermif

= Le rien 138 LETTRES À: UNE!:PRINCESSE fant par quelques vis ©. Chaque pied est courbe en AB, ::enforte que la direction de la matiere magnétique, qui traverse librement ces pieds, s'approche déjà beaucoup de l'horizontale, & que dans la barre frottée EF elle n'a pas besoin de changer:beaucoup de direction. Je ne. doute nullement que, par le moyen de ces pieds; la barre EF ne recoive une beaucoup plus grande force magnétique, que fion la frottoit: immédiatement, par les bouts des barres, dont la groffeur & la: direction verticale s'oppofent naturellement à la formation des canaux magnétiques dans la barre EE : auf peut-on, en fuivant cette méthode ; approcher ou éloigner les extrémités des pieds À: & B à volonté. Je-dois encore faire obferver, que , lorfque ces barres perdent avec le tems de leur force magnétique, on les rétablit aifément par les mêmes opérations: le 3 Décembre 1761. LE D'ThRaEE EXT. (uaxn on veut faire des expériences fur le magnétisme, 41 faut être pourvu d'un grand nombre de barres magnétiques, depuis les plus petites Jufques aux plus grandes: :chaune peut être regardée comme un aimant. particulier; ayant fes deux poles, l'un boréal & l'autre méridional,

D'ALLEMAGNE. 139 V. À. à dû trouver très-remarquable que, moyennant la force magnétique la plus faible que nous fournisse un misérable 'aimant naturel, ou quelques pincettes de cheminée, qui ont acquis avec le temps un peu de magnétisme, on soit en état d'augmenter cette force jusqu'à rendre les plus grandes barres d'acier douées du plus haut degré de force magnétique, dont elles soient susceptibles. Il seroit superflu d'ajouter que, par cette méthode, on peut faire les meilleures aiguilles aimantées, non-seulement beaucoup plus grandes que les ordinaires, mais faites d'un acier trempé au plus fort, ce qui les rend plus durables. Je dirai encore quelque chose sur la fabrication des aimants artificiels, qui ont pour la plupart la figure d'un fer à cheval, comme V.A. en aura vu fréquemment: Ces aimants artificiels répètent, dans toutes les occasions, les mêmes services que les naturels, & nous procurent encore l'avantage d'en avoir de plus forts, en leur donnant une grande force suffisante. On les fait d'acier bien trempé, & la figure de fer à cheval semble plus propre à maintenir le tourbillon. Après: que l'ouvrier a fait cette pièce, on lui communique la plus grande force magnétique dont elle soit susceptible; par le moyen des barres magnétiques dont j'ai expliqué la construction. - On comprend aisément, que plus cet aimant est grand, plus on doit y employer de grandes barres; & c'est pourquoi on doit être pourvu de toutes sortes.

— et '140 LETTRES, À UNE:PRINCESSE Pour aimanter un fer à cheval HI G, Tab. IV. fig. 9. qui doit être d'acier bien trempé, on pose sur la table une, paire de barres magnétiques À C & BD avec leurs supports de fer doux appliqués de deux côtés, dont la figure ne représente que l'un FF, l'autre ayant été ôtée. à mesure qu'on applique les pieds du fer à cheval, comme on le voit dans la figure. Dans cet état, la matière magnétique qui traverse les barres fera des efforts pour passer par le fer à cheval, mais vu la dureté de l'acier trempé, elle ne fera pas suffisante pour ranger les pores, & s'ouvrir un chemin. Il faut donc employer le même moyen dont on se sert pour aimanter les barres. 'On prend un-compass formé d'une autre paire de barres magnétiques, & on le fait passer de la même manière sur le fer à cheval, en tournant les jambes. du compass pas convenablement aux pôles du fer à cheval ; de cette manière on y ouvrira les canaux magnétiques, & la matière {ubtile-des barres, en le traversant, formera le tourbillon magnétique. - Il faut bien prendre garde, dans cette opération, que les jambes du compass, en passant sur le fer à cheval, ne touchent les bouts À & B des barres ;, ce qui troublerait le courant de la matière magnétique, qui passerait immédiatement des barres dans les -jambes du compass, ou, les tourbillons des barres & du compass se dérangeraient mutuellement. Le fer à cheval acquerra par-là une grande force magnétique, étant traversé par un cou

D'ALLEMAGNE. T4Y rant magnétique très-copieux ; il ne s'agit plus que de le détacher des barres, fans que le courant foit dérangé. Si on larrachoit brufquement, le tourbillon magnétique feroit détruit, & l'aimant artificiel en retiendrait très-peu de force. Les canaux magnétiques ne fe confervant qu'autant que la matière magnétique les traverse, il faut en conclurre que les particules qui forment par les pores ces canaux, fe trouvent dans un état forcé, qui ne fe maintient que tant que la force du tourbillon y agit, & que dès qu'elle cefle, ces particules, par leur élafticité, fe détournent de leur fituation ; & les canaux magnétiques feront fubitement interrompus & détruits. C'eft ce que nous voyons très-clairement dans le fer doux, dont les pores {e rangent promptement à l'approche d'un tourbillon magnétique, mais ne confervent prèlque plus de force magnétique, dès qu'on léloigne; ce qui prouve que les pores du fer font mobiles, mais doués d'un reflort qui change leur fituation, dès que la force cefle. Ce n'eft qu'après bien du tems, que quelques pores Le fixent dans la pofition qui leur a été imprimée par la force magnétique, ce qui arrive fur-tout dans les barres de fer expofées long-tems au tourbillon de la terre. L'acier a fes pores bien moins fléxibles, & qui fe maintiennent mieux dans Pétat auquel ils ont été forcés, ils {ont pourtant lujets : à quelque dérangement, dès que la force celle d' yagir, mais d'autant moins, que

142 LETTRES À UNÉ PRINCESSE l'acier est plus dur. C'est pourquoi les aimants artificiels doivent être faits d'acier très - bien trempé; si on les faisoit de fer ;+ ils acquerroient bien d'abord, étant appliqués aux barres magnétiques, une très-grande force, mais, au moment qu'on les en détacheroit, toute la force s'évanouiroit C'est pourquoi il faut prendre des précautions en détachant des barres les aimans faits d'un acier bien trempé. Pour cet effet, avant que de les en féparer, on pose leur support, Tab. IV. fig. 10. fait d'un fer bien mol, selon la ligne MN dans la figure, en prenant garde que le support ne touche point les barres, ce qui gâteroit tout & obligeroit à recommencer les opérations. Alors, une bonne partie de la matière magnétique qui circule dans l'aimant GGI, prendra la route par le support, & formera un tourbillon à part, qui se conservera après la féparation. Ensuite on pousse lentement le support sur les jambes de l'aimant jusqu'aux bouts, comme on voit par la figure, & dans cet état on le laisse reposer pendant quelque tems , afin que le tourbillon s'affermisse. On charge aussi le support d'un poids P, qu'on peut augmenter tous les jours, bien entendu, que le support doit être ajusté de manière qu'il touche parfaitement les pieds de l'aimant. le 5 Décembre 1764.

D'ALLEMAGNE. 143 BE TL R EE CL XXXVALTL Je crois, à présent, que les merveilles de la dioptrique feront un {ujet digne de l'attention de V. À. la dioptrique nous fournit deux {ortes d'infrumens composés de verres, qui {ervent à augmenter notre vue, pour découvrir des objets qui échapperoient à la vue simple. Il y a deux cas où notre vue a besoin de secours: le premier, lorsque les objets sont trop éloignés de nous, pour que nous puissions les voir distinctement tels sont les corps célestes, sur lesquels on a fait les plus importantes découvertes , par le moyen des Instrumens de dioptrique. V. À. se souviendra bien, de ce que j'ai eu l'honneur de lui dire sur les satellites de Jupiter, qui nous conduisent à la découverte de la longitude: ils ne sont visibles que par le secours de bonnes lunettes, & les satellites de Saturne en demandent de plus excellentes encore. Il y a de plus sur la surface de la terre, les objets fort éloignés, qu'on ne sauroit voir & examiner exactement que par le secours de lunettes qui nous les représentent de la même manière que si nous les voyons de près. Ces lunettes ou instrumens de dioptrique, pour les objets fort éloignés, sont aussi nommés télescopes & lunettes. d'observation: L'autre cas où notre vue a besoin de secours,

144 LETTRES À UNE PRINCESSE _est lorsque les objets, quoiqu'aflez proches, {ont trop petits pour que nous puillions en diftinguer les parties. Si l'on veut, par exemple, découvrir toutes les parties d'une jarbe de mouche ou de quelqu'infecte plus petit: s'il s'agit d'examiner les particules de notre propre corps, comme les fibres les plus petites de nos mufcles, de nos nerfs, on ne fauroit y réuflir fans le fecours de certains inftrumens , qu'on nomme micro/copes ; qui nous repréfentent les petits objets de la même manière, que s'ils étoient cent & même mille fois plus grands. Voilà donc deux fortes d'inftrumens , les télescopes & les microscopes, par lefquels la dioptrique fupplée à la foibleffe de notre vue. Il n'y a que quelques fiécles que ces inftrumens ont été inventés, & ce n'est que des-lors qu'on a fait les plus importantes découvertes dans l'aftronomie, à l'aide des télescopes & des lunettes, & dans la phyfique à l'aide des microscopes. | Ces effets merveilleux ne font produits qué par la figure qu'on donne à des morceaux de verre, & l'heureufe combinailon de deux ou plufieurs verres qu'on nomme /eutils. La dioptrique eft la {cience qui en renferme les principes, & V. A. voudra bien fe fouvenir qu'elle roule principalement fur la route que tiennent les rayons de la lumière , lorsqu'ils traversent des intermédiaires tranfparens de différente qualité, lorsqu'ils pañlent, par exemple, de l'air dans

D'ALLEMAGNE. . I4\$ dans le verre ou-dans l'eau, & réciproquement du verre ou de l'eau dans l'air. Tant que les rayons {ont propagés dans le même milieu; comme dans l'air, ils continuent leur chemin Tab. IV, fig. 11. selon des lignes droites LA, LB, LC; LD, tirées du point L, d'où partent ces rayons, & lorsqu'ils rencontrent quelque part, comme en C, un œil, ils y entrent, & y dépeignent l'image de l'objet d'où ils sont partis: Dans ce cas la vision est nommée simple, ou naturelle, & nous représente les objets tels qu'ils sont en effet. La science qui nous explique les principes de cette vision, est nommée l'optique. Mais lorsque les rayons, avant que d'entrer dans l'œil, {ont réfléchis sur une surface bien polie, telle qu'un miroir, la vision n'est plus naturelle; puisqu'ici, nous voyons les objets autrement & dans un autre lieu qu'ils ne sont effectivement. La science qui explique les fondemens de cette vision par des rayons réfléchis, est nommée catoptrique. Elle nous fournit aussi des instrumens propres à augmenter la portée de notre vue, & V. A. connaît ces sortes d'instrumens qui; par le moyen d'un ou deux miroirs, nous rendent le même service que les lunettes composées de verres. Ce sont ceux qu'on nomme télescopes : mais pour les distinguer des lunettes ordinaires qui ne sont composées que de verres, il vaudroit mieux les appeler télescopes catoptriques réfléchissans, ou de réflexion. Ce feroit au-moins parler plus exactement; car Tom. III, K

= ms 146 LETTRES À UNE PRINCESSE le nom de télescopes a été en usage avant la découverte des instrumens à miroirs, & signifioit alors la même chose que lunette. Je me propose d'entretenir à présent V. A. uniquement des instrumens dioptriques, dont nous avons deux espèces, les télescopes 'ou lunettes; & les microscopes. : On se sert pour les uns & les autres; de verres formés-de différentes manières, 'dont je vais expliquer! les diverses espèces, parmi lesquelles il y en a d'abord trois: principales, {elon-la figure qu'on donne à la surface du verre. La première est la plane, lorsque:la surface d'un verre est plane, comme celle d'un miroir ordinaire. Si l'on prend, par exemple, un morceau de miroir, & qu'on ôte le vif-argent attache à la surface de derrière, on aura un verre dont les deux surfaces seront planes & qui aura par-tout la même épaisseur. La seconde est la convexe; le verre est alors plus élevé dans le milieu que vers les bords. La troisième est la concave: le verre est alors plus enfoncé dans le milieu que vers les-bords: De ces- trois différentes - figures qu'on peut donner à la surface d'un verre, naissent les six espèces de verres de fig: 12. Tab. 1V.. | I. Le verre plano - plane -est celui dont les deux surfaces sont planes. IT. Le verre plano-convexe a une surface plane & l'autre convexe. r IL. Le verre plano-concave a une surface plane & l'autre concave.

D'ALLEMAGNE. 147 IV. Le verre convéxo-convexe est celui dont les deux surfaces sont convexes. V. Le verre convéxo-concave où #énilque a une surface convexe & l'autre concave. VI. Le verre concavo-concave enfin, a les deux surfaces concaves,. Il est à propos de remarquer que la figure représente les coupes de ces verres ou lentilles le 8 Décembre 1761. LR TE EER RS CTECEXORN VOTE, ArrÊs cé que je viens de dire sur les faes convexes & concavés des lentilles, VA. comprend aisément, qu'il peut y en avoir d'une infinité de façons, puisque tant la convexité que la concavité peuvent être plus où moins grandes. Il n'y a qu'une seule espèce de surfaces planées parce qu'une surface ne peut être plane que d'une seule manière : mais une surface convexe peut être regardée comme faisant partie d'une sphère, & an que le rayon soit diamètre de cette sphère est plus où moins srañid, la convexité fera différente. Ou, comme nous représentons les verres sur-le papier par des arcs de cercle, selon que ces cercles sont plus ou moins grands, il en résulte une infinité de verres, tant par rapport à la convexité qu'à l'égard de la concavité de leurs surfaces. K 2

148 LETTRES À UNE PRINCESSE Pour ce qui est de la manière dont on forme & polit les verres, on se donne tous les moyens possibles pour rendre leur figure exactement circulaire ou sphérique: on se sert pour cela de bafins de métal formés au tour, sur une surface sphérique en dedans & en dehors. | Soit AEBDFC Tab. IV. fig. 13. la coupe d'un semblable bafin, qui aura deux faces AEB & CFD, dont chacune peut avoir son rayon à part; quand on frotte un morceau de verre sur la partie concave AEB de ce bafin, il deviendra convexe; mais si on le frotte sur la partie convexe CFD, il deviendra concave. On se sert en premier lieu de sable pour frotter le verre contre le bafin, jusqu'à ce qu'il en ait pris la figure, & ensuite on se sert d'une terre fine pour le dernier poli. Pour connaître la véritable figure des faces. d'une lentille, on n'a qu'à mesurer le rayon de la face du bafin, sur laquelle cette lentille a été formée, car la véritable mesure de la convexité & de la concavité des surfaces, c'est le rayon du cercle ou de la sphère qui leur convient, & dont elles font partie. Ainsi quand je dis Tab. V. fig. 1. que le rayon de la face convexe AEB est de trois pouces, il faut entendre que AEB est un arc de cercle décrit avec un rayon de 3 pouces, l'autre face AB étant plane. | Pour mettre encore mieux devant les yeux de V. A. la différence entre les convexités, lorsque leurs rayons sont plus ou moins grands, etc. |

D'ALLEMAGNE, 149 je mettrai plusieurs figures de différente convexité Tab. V. fig. x. On voit par-là que, plus le rayon est petit plus la surface est courbée, ou différente de la plane; plus au contraire le rayon est grand, plus la surface approche de la plane, ou l'arc de cercle d'une ligne droite. Si je faisois le rayon encore plus grand, on n'y appercevroit enfin presque plus de courbure. À peine la remarque-t-on dans Parc MN Tab. V. fig. 2. dont le rayon est de 6 pouces ou d'un demipied, & si le rayon étoit encore dix ou. cent fois plus grand, la courbure deviendrait tout-à-fait insensible à la vue. Il n'en est cependant pas ainsi à l'égard de la dioptrique, & j'aurai l'honneur de faire remarquer à V. À. dans la suite, que quand le rayon feroit de cent ou de mille pieds, & que nous ne pourrions pas en remarquer la courbure, son effet ne laifleroit pas d'être encore très-sensible. Il faudroit effectivement que le rayon fut infiniment grand, pour que la face devint parfaitement plane: d'où V. À. peut conclure qu'une face plane peut être regardée 'comme une face convexe dont le rayon est infiniment grand, ou comme une face concave d'un rayon infiniment grand. C'est dans ce cas que la convexité & la concavité se confondent ensemble, de sorte que la face plane est le milieu qui sépare la convexité de la concavité. Mais plus les rayons sont petits, plus les K 3

ee ain 150 LETTRES A. UNE .:PRINCESSE convèxités & les
 concavités deviennent fenfibles ou grandes, & de-là on dit reciproquement,
 qu'une convèxité ou concavité est d'autant plus grande, que son rayon, qui
 en est la mesure, est petit. Quelque grande que soit d'ailleurs la variété qui
 peut se rencontrer dans les lentilles ou verres, selon que leurs deux
 surfaces sont planes, convexes, Ou Concaves, & ceci encore d'une infinité
 de manières différentes; par rapport à l'effet qui en résulte dans la dioptrique
 , on peut néanmoins les ranger en trois classes principales, que voici. La
 première comprend les verres qui sont par-tout également épais; soit que
 leurs deux faces soient planes & parallèles entr'elles, Tab. V, fig. 3. soit que
 l'une soit convexe & l'autre concave, mais concentriques ou décrites du
 même centre, Tab. V. fig. 4. de sorte que l'épaisseur soit par-tout la même.
 Il est à remarquer sur ces verres, qu'ils ne changent rien dans l'apparition des
 objets que nous voyons par leur moyen, C'est comme si n'y avait rien entre
 nos yeux & les objets; au lieu, ne sont-ils d'aucun usage dans la vue? Ce n'est
 pas que les rayons qui entrent dans ces verres ne souffrent aucune
 réfraction, mais parce que la réfraction à l'entrée est parfaitement redressée à
 la sortie, de sorte que les rayons, après avoir traversé le verre, reprennent la
 même route qu'ils avaient tenue avant que d'y entrer. Ce sont donc les verres
 des deux autres classes qui, à cause de 7 VV vus

D'ALLEMAGNE: ISI leur effet, font l'objet principal de la dioptrique. La seconde classe de verres renferme ceux qui sont plus épais vers le milieu que vers les bords Tab. V. fig. 5. L'effet en est le même, tant que l'excès de l'épaisseur du milieu sur celle des bords tient le même rapport à la grandeur du verre. On nomme pour l'ordinaire tous les verres de cette classe convexes, puisque la convexité y domine, quoique: d'ailleurs. une de leurs faces peut être plane & même concave. La troisième classe contient les verres qui sont plus épais par les bords que vers le milieu.. Tab. V. fig. 6. qui tous produisent un semblable effet, dépendant de l'excès d'épaisseur vers les bords sur celle du milieu. Comme la concavité prévaut dans tous ces verres de la troisième classe, on les nomme simplement concaves.. Il faut bien les distinguer de ceux de la seconde classe qui sont les convexes. C'est des verres de ces deux dernières classes que je me propose d'entretenir V, 'A. dans mes lettres suivantes, en y exposant. leurs effets dans la dioptrique. le 12 Décembre 1761. K 4

L'rai ef. 2 le a 152 LETTRES À UNE PRINCESSE LETTRE
 CLXXXIX. Pour expliquer à V. A. l'effet que produi: fent les verres
 convèxes & concaves dans l'apparition des objets, il faut diftinguer deux
 cas, l'un où l'objet eft tres-éloigné du verre, & l'autre où il fe trouve plus
 rapproché. Mais avant que d'entreprendre cette explication, je dois dire un
 mot fur ce qu'on nom. me l'axe d'un verre. (Comme les deux furfaces font
 repréféntées par des arcs de cercle, on n'a qu'à tirer une ligne droite par les
 centres de ces deux cercles; cette ligne eft nommée l'axe du verre. Dans la
 fig. 7. Tab. V. du verre AB, le centre de l'arc AEB étant en C & celui de
 l'arc AFB en D, la ligne droite CD eft nommée l'axe de ce verre, & il eft
 aife de voir que cet axe paffe par le mi. lieu. * Il en eft de même fi les faces
 des verres font concaves. Or fi l'une eft plane, l'axe y fera perpendiculaire,
 en paffant par le centre de l'autre face. On peut voir par-là que l'axe
 traverse per. pendiculairement les deux faces, & qu'ain. fi un rayon de
 lumière qui vient dans la direction de l'axe, n'y fouffre aucune ré. fraction,
 puifque les rayons qui paffent d'un milieu dans un autre, ne font rompus ou
 réfractés, qu'entant qu'ils n'y entrent pas perpendiculairement,

D'ALLEMAGNE. 153 On peut auſſi prouver que tous les autres rayons qui paſſent par le milieu O du verre, ne ſouffrent aucune réfraction , ou plutôt qu'ils redeviennent parallèles à eux-mêmes. Il faut conſidérer pour en comprendre la raiſon, que les deux faces du verre ſont parallèles entr'elles aux points E & F, car: l'angle MEB que fait le rayon ME avec l'arc de cercle EB, ou ſa tangente en E, eſt parfaitement égal à l'angle P FA, que ce même rayon prolonge FP fait avec l'arc de cercle AF ou ſa tangente en F: V. À. ſe ſouviend que ces deux angles ſont nommés alternes, & qu'il eſt démontré que , lorſque les angles alternes ſont égaux, les lignes droites ſont parallèles entr'elles: par conféquent les deux tangentes en E & en F feront parallèles, & il en fera de même que ſi le rayon MEFP paſſoit par un verre, dont les deux faces ſuſſent parallèles entr'elles, Or nous avons vû ci-deſſus, que les rayons ne changent point de route en paſſant par un tel verre. Après ces remarques, conſidérons un verre convexe AB, Tab. V. fig. 8. dont l'axe ſoit la ligne droite OEFP, & ſuppoſons qu'il ſe trouve ſur ſon axe à une grande diſtance du verre un objet ou point lumineux O ; qui repand des rayons en tous ſens : il y en aura qui paſſeront par notre verre AB, tels que OM, OE & ON, dont celui du milieu OE ne ſouffrira aucune réfraction, mais continuera ſa route à travers du verre, ſuivant 'là di

1\$4 LETTRES À UNE PRINCESSE reion F JP. Les deux autres rayons OM & ON en pañlant vers les bords du verre, y {eront rompus, tant en entrant qu'en fortant, de facon qu'ils concourront quelque part en J avec l'axe, & continueront ensuite leur route dans les directions JQ_ & JR: on peut auili prouver que tous les autres rayons qui tombent entre M & N feront rompus, enforte qu'ils {e reuniflent avec l'axe au-même point J. Donc les rayons qui fans l'interposition du verre, auroient continué leurs routes: rectilignes OM & ON, fuivront après la refraction d'autres routes, comme s'ils étoient partis du point |; & sil y avoit un œil quelque part en P, il en feroit affecté comme fi le point lumineux étoit actuellement en], quoiqu'il n'y aît rien de réel. : V.: A. n'a qu'à fuppofer, pour un moment, qu'il y ait en J un objet réel, qui répandant fes rayons, {eroit également vû d'un œil placé en P, comme il voit à préfent l'objet en O par les rayons rompus par le verre; parcequ'il y a en] une image de l'objet O, & que le verre AB y repréfente l'objet O, ou le tranfporte prefqu'en TJ; ce n'eft donc plus le point O qui eft l'objet de la vue, mais plutôt {on image repréfentée en J. Ce verre produit donc'un changement bien confidérable:: un objet fort éloigné © eit tranfporté fubitement en], d'où l'œil doit fansdoute recevoir une impreffion toute autre que fifôtant le verre, Pœilvoïoitimmédiatement l'ob

D'ALLEMAGNE. I5\$ jet O. Que V. À. confidère une étoile en O, puifque nous fuppofons que le point © elt extrêmement éloigné, le verre nous reprefentera en | l'image de cette étoile, mais cette image qu'on ne fauroit toucher & qui n'a aucune réalité, puifqu'il n'exifte rien en J, fi ce n'eft, que les rayons partis du point O y font rafñemblés par la réfraction du verre, Il ne faut pas s'imaginer non plus, que l'étoile nous paroîtroit de la même manière que fi elle exiftoit réellement en J, : Comment un corps plufieurs milliers de fois plus grand que la terre, pourroit-il exifter en] ? Nos fens en feroient frappés bien différemment : 'il faut donc remarquer que ce n'eft qu'une image repréfentée en J, comme celle d'une étoile repréfentée dans le fonds de l'œil, ou celle que nous voyons dans un miroir, dont l'effet n'a rien de {urprenant. le 1\$ Décembre 1761. L'EST REC XC JE deftine cette lettre à expofer à V. A. quel effet produifent les verres convèxes, foit ceux qui font plus épais par le milieu que vers les bords. Tout confifte à déterminer le changement que. les rayons fouffirent dans leur route, lorfqu'ils pañent par un tel verre. : Pour

156 LETTRES À UNE PRINCESSE mettre cette recherche dans tout son jour, il faut bien distinguer deux cas, l'un où l'objet est fort éloigné du verre, & l'autre où il en est assez près. Je considérerai donc d'abord le premier cas, où l'objet est extrêmement éloigné du verre. Dans la fig. 9. Tab. V., MN est le verre convexe, & la ligne droite O AB JS son axe, qui passe perpendiculairement par le milieu ; remarquons en passant, que cette propriété de axe de chaque verre de passer perpendiculairement par son milieu, nous en donne l'idée la plus juste qu'on puisse s'en former. Concevons maintenant que sur cet axe se trouve quelque part en C, un objet OP que j'ai représenté ici comme une ligne droite, quelque figure qu'il puisse avoir ; & comme chaque point de cet objet lance des rayons en tous sens, il ne s'agit ici que de ceux qui tombent sur le verre. Je bornerai donc mes réflexions sur - ceux qui proviennent du point O , situé dans l'axe même du verre. La figure nous représente trois de ces rayons, O A, O M & ON, dont le premier O A passant par le milieu du verre, ne souffre aucun changement dans sa route qu'il continue, après avoir traversé le verre selon la première direction BJS, c'est-à-dire, dans l'axe du verre ; mais les deux autres rayons OM & ON souffrent une réfraction, tant en entrant qu'en sortant du verre, par laquelle ils sont détournés de leur première

D'ALLEMAGNE. 157 route; de facon qu'ils se réuniront quelque part en J avec l'axe, d'où ils continueront leurs nouvelles routes dans les lignes droites MJQ & NJR; de sorte que dans la suite lorsqu'ils rencontreront un œil, ils y produiront le même effet que fit le point © existoit en J, puisqu'ils tiennent la même route. C'est pourquoi l'on dit que le verre convexe transporte l'objet de O en J, mais pour distinguer ce point J du vrai point O, on nomme celui-là l'image de celui-ci, qui à son tour est nommé l'objet. Ce point J] est très-remarquable, & lorsque l'objet O est extrêmement éloigné, l'image en est aussi nommée le foyer du verre; j'en expliquerai la raison à V. A. Si c'est le soleil qui tient lieu d'objet en O, les rayons qui tombent sur le verre sont tous réunis dans le lieu J, & comme ils sont extrêmement forts & doués de la qualité d'échauffer, il est naturel que la réunion de tant de rayons en J; produise un degré de chaleur capable de brûler les choses combustibles qu'on y met. Or le lieu où tant de chaleur est réunie se nomme foyer; la raison de cette dénomination à l'égard des verres convexes est : évidente! C'est pourquoi un verre convexe est aussi nommé verre ardent, dont les effets sont {ûrement bien connus à V. À. Je remarque seulement que cette propriété de réunir les rayons du soleil, dans un certain point qu'on nomme leur foyer, convient à tous les verres

§8 LETTRES À UNE PRINCESSÉ convêxes ; ils réuniflèrent
 aussi les rayons de la lune, des étoiles & de tous les corps fort éloignés &
 quoique leur force soit trop petite pour produire quelque chaleur, on se sert
 pourtant du même nom de foyer: ainsi le foyer d'un verre n'est autre chose
 que le lieu où l'image des objets fort éloignés est représentée: à quoi il faut
 encore ajouter cette condition, que l'objet soit situé dans l'axe même du
 verre; car s'il étoit hors de l'axe, son image {eroit aussi représentée hors de
 l'axe, j'aurai occasion d'en parler dans la suite. Au reste, il est bon d'ajouter
 encore les remarques suivantes sur le foyer. 1. Comme le point C; ou
 l'objet, est infiniment éloigné, les rayons OM , OA & ON peuvent être
 considérés comme parallèles entr'eux, & par la même raison parallèles à
 l'axe du verre. 2. Le foyer J est donc le point derrière le verre, où les
 rayons 'parallèles à l'axe, qui tombent sur le verre, sont réunis par la
 refraction du verre. 3. Le foyer d'un verre, & le lieu où l'image d'un objet
 infiniment éloigné & situé dans l'axe du verre est représentée , {ont la
 même chose. 4. L'éloignement du point J du verre, soit la distance BJ, est
 nommé la distance du foyer du verre. Quelques auteurs la nomment aussi la
 distance focale. s. Chaque verre convexe a sa distance de son centre de 7

D'ALLEMAGNE, 159 foyer particuliere, l'un plus grande &
 Pautre plus petite, ce qu'on trouve aisément en exposant le verre au soleil,
 & observant où les rayons se réunissent. 6: Les verres qui sont formés par des
 arcs de petits cercles, ont leur foyer fort près derrière eux; mais ceux dont
 les faces sont des arcs de grands cercles, ont leurs foyers: plus éloignés: 7.
 Il est important de savoir la distance du foyer de chaque verre convexe dont
 on se sert dans la dioptrique, &: il suffit d'en: connoître le foyer, pour juger
 de tous les effets qu'on en doit attendre, tant dans les lunettes ou télescopes
 que dans les microscopes. : 8. Si l'on se sert de 'verres 'également
 convexes des deux côtés, de sorte que chaque face réponde au même centre
 ; alors le rayonide ce cercle donne .à-peu-près la distance du foyer de ce
 verre, ainsi pour faire un verre ardent, qui brûle à la distance d'un pied, on
 n'a qu'à former ses deux faces suivant un cercle dont le rayon'est d'un pied.
 9. Mais lorsque le verre'est plano-convexe, sa: distance de foyer est: à peu -
 près égale au diamètre du-cercle qui convient à la face convexe:
 L'intelligence de ces termes rendra ce'que: nous. avons encore à dire, facile
 à entendre. le 10 Décembre 1761.

= 2e pu 160 LETTRES À UNE PRINCÉSSE LE RL 'R ER

ECXCE Ayant remarqué qu'un objet éloigne à l'infini est représenté par un verre convexe dans son foyer même, pourvu que cet objet se trouve dans l'axe du verre, je passe aux objets plus proches, mais toujours situés dans l'axe du verre, & J'observe d'abord, que plus l'objet s'approche du verre, plus l'image s'en éloigne. | Ainsi supposons Tab. V. fig. 10. que F soit le foyer du verre MM, de sorte que d'un objet éloigné à l'infini. devant le verre, ou au haut de la figure; l'image soit représentée, en F; en approchant l'objet du verre & le plaçant successivement en P, Q, R, l'image sera représentée au point p, q, r, plus éloignés du verre que le foyer; ou bien, si AP est la distance de l'objet, Bp sera la distance de l'image & si À Q est la distance de l'objet, B q fera celle de l'image, & la distance Br de l'image répondra à la distance de l'objet À B; On a une règle par laquelle on peut aisément calculer la distance de l'image derrière le verre, pour chaque distance de l'objet qui est devant le verre; mais je ne veux pas ennuyer V: A. par une exposition sèche de cette règle; il faudra de remarquer en général que plus on diminue la distance de l'objet devant le verre, plus la distance de l'image derrière le verre devient grande. J'ajouterai outre ça

D'ALLEMAGNE: I6Ï la l'exemple d'un verre convexe, dont la distance du foyer est de 6 pouces ou d'un verre tel, que si la distance de l'objet est infiniment grande, la distance de l'image derrière le verre, soit précisément de 6 pouces; maintenant, si l'on approche l'objet du verre, l'image s'en éloignera suivant cette table

Distance de l'objet	Distance de l'image
infini	6
42	7
24	8
18	9
12	12
10	18
9	24
8	42
7	infini

ainsi l'objet étant éloigné de 42 poutes du verre, l'image tombera à la distance de 7 pouces; & ainsi d'un pouce plus loin que le foyer. Or si l'objet se trouve à la distance de 24 pouces, l'image se trouvera à celle de 8 pouces, & par conséquent de deux pouces au-delà du foyer & ainsi de suite. Quoique ces nombres ne conviennent qu'à Tom. III. E

mie 2 EE — PE 162 LETTRES.-À UNE PRINCESSE un verre
 dont la distance du foyer est de 6 pouces on en -peut. pourtant tirer quelques
 PAR quences générales. Si la distance de l'objet est infiniment grande,
 l'image tombe dans le foyer même. . Si la distance de l'objet est deux. fois
 plus grande que la distance du foyer, la distance de l'image fera aussi deux
 fois plus grande que celle du foyer, ou bien l'objet & l'image feront
 également éloignés du verre. Dans l'exemple rapporté ci-dessus, la distance
 de l'objet étant de 12 pouces, celle de l'image est aussi de 12 pouces. 3.
 Lorsque l'on approche l'objet du verre, de façon que la distance soit
 précisément égale à celle du foyer, (comme de 6 pouces dans l'exemple ci-
 dessus) alors l'image s'éloigne à l'infini derrière le verre. 4. Aussi voit-on
 général, que la distance de l'objet & celle de l'image se répondent
 réciproquement, ou si on met l'objet à la place de l'image elle tombera
 dans le lieu de l'objet. \$. Si donc le verre MM Tab. V. fig. 11. rassemble en J
 les rayons qui émanent du point O, ce même verre y rassemblera aussi les
 rayons qui émanent du point I. 6. C'est là suite d'un grand principe de la
 dioptrique, en vertu duquel on soutient que, quelles que soient les
 réfractions que les rayons ont souffert en passant par plusieurs milieux
 réfringens, ils pourroient toujours retourner sur la même route.

D'ALLEMAGKE. 163 Cette Vérité est très importante dans la con-
noissance des verres; ainsi quand je fais, par exemple, qu'un verre a
représenté, à la distance de 8 pouces, l'image d'un objet éloigné de 24
pouces; je puis hardiment en conclure, que si l'objet étoit éloigné de 24
pouces, le même verre en représenteroit l'image à la distance de 24 pouces.
Il est au lieu de remarquer que; lorsque la distance de l'objet est égale à
celle du foyer; l'image s'éloignera subitement à l'infini; ce qui est
parfaitement d'accord avec le rapport qui se trouve entre l'objet & l'image:
V. A: est sans-doute curieuse de avoir en quel lieu l'image sera représentée,
lorsqu'on approche davantage l'objet du verre & que la distance devient
plus petite que celle du foyer: Cette question est d'autant plus embarrassante,
qu'il faudroit répondre que la distance de l'image devoit être alors plus
grande que l'infini, puisque plus l'objet s'approche du verre; plus l'image
s'en éloigne: Mais l'image étant déjà: éloignée à l'infini, RCE est-il possible
que la distance devienne plus grande? Cette question pourroit sans-doute
embarrasser les philosophes, mais il est fort aisé d'y répondre par les
mathématiques. L'image passera d'une distance infinie, à l'autre côté du
verre, & par conséquent du même où se trouve l'objet. Les bizarre que
paraît cette réponse, elle est non-seulement confirmée par le raisonnement,
mais par l'expérience; de L 2

164 LETTRES A UNE PRINCESSE {orte qu'on ne fauroit douter de fa juitelfe ; croire au-delà de l'infini, eft la même chofe que pañler de l'autre côté: ce qui eft fansdoute un véritable paradoxe. le 22 Décembre 1761. EE TERRE CXC ET V7. A. ne doit plus douter que chaque verre convexe ne reprélente quelque part l'image des objets qui lui font oppolés, & que, dans chaque cas, le lieu de l'image varie autant felon Péloignement de l'objet, que {elon la diftance du foyer du verre, mais il me refte à expliquer encore un article bien important, concernant la grandeur de l'image. Lorfqu'un tel verre nous reprélente l'image du {oleil, de la lune, ou d'une étoile à la diftance d'un pied, V. A. s' imagine bien que ces images doivent être incomparablement plus petites que les objets mêmes. Une étoile étant: beaucoup plus grande que toute la terre, comment feroit-il poffible qu'une aufli grande imace nous fut repréféntée à la diftance d'un pied ? Mais l'étoile ne nous paroïflant que comme un point, l'image repréféntée par le verre reffemble aufli à un point, &, par conféquent, eft infiniment plus petite que l'objet même. Il y a donc, dans chaque repréféntation faite

D'ALLEMAGNE. 165 par les verres, deux choses à considérer, l'une ne regarde le lieu où l'image est représentée & l'autre la véritable grandeur de l'image, qui peut être très-différente de celle de l'objet. La première, étant suffisamment éclaircie, je vais expliquer à V. À. une règle très-simple, qui lui fera juger aisément, dans chaque cas, de quelle grandeur doit être l'image représentée par le verre. .. Soit OP Tab. VI. fig. x. un objet quelconque; situé sur l'axe du verre convexe MN, il faut d'abord chercher le lieu de l'image en J; -de sorte que le point J est l'image du bout Q de l'objet, puisque les rayons émanés du point O, y sont réunis par la réfraction du verre... Voyons maintenant en quel lieu sera représentée l'image de l'autre point P de l'objet pour cet effet, considérons les rayons PM, PA, PN, qui partant du point P tombent sur le verre; j'observe que le rayon PA qui passe par le milieu du verre ne change point de direction; mais continue sa route AKS: ce sera donc quelque part sur cette ligne en K, où les autres rayons PM & PN se réunissent :, ou bien le point K fera l'image de l'autre bout P de l'objet, le point J étant celle du point O: il est aisé d'en conclure, que JK sera l'image de l'objet OP, représentée par le verre. Donc pour déterminer la grandeur de cette image, ayant trouvé le lieu J, il ne faut que tirer du bout P de l'objet, par le milieu du 2 3

Dm ET 166 LETPRES À UNE PRINCESSE verre À, la ligne droite PAKS & pofer en '] perpendiculairement à l'axe, la ligne JK, & celle-ci fera l'image en quelions il eft évident par-là que l'image eff renverice, deforte que fi la ligne OR ctoit horizontale & l'objet OP un homme, l'image auroit la tête K en bas & les pieds en haut en]. J'ajouterai là - deflus les remarques fuivantes re 1. Plus l'image Tab. VI. fig.2. eft proche du verre , plus elle eft petite: & plus elle én eft cloignée , plus elle eff grande. 'Ainff OP étant l'objet place fur laxe devant le verre MN , fi l'image tomboit en Q, elle feroit plus petite que fi elle tomboit:en R, S ou T. Car puifque la ligne droite PA tirée du' fommet de Pobjet P'par le milieu du verre, termine toujours l'image à quelque diftance qu'elle s'en trouve, il eft évident que, parmi les lignes Qg, Rr, Ss, Tr, la première Q 9 eft/la plus petite, & que lès autres croiflent'à mefure qu'elles s'éloignent du verre 2. Il y a un cas où l'image elt précifement égale à Pobjet; c'eft lorfque EH diffance de li. mage eft égale à celle de P "objet, ce qui arrive, comme j'ai déjà remarqué, quand la diftance de l'objet A O eft double de celle du foyer du verre; l'image fera alors Tt enforte que Ja diftance BT eft égale 4 AO. V. À. n'a donc qu'à confidérer les deux 'triangles O AP & TA#, qui ayant tant°les angles - oppofés -par la pointe en À, que les côtés AO, & AT égaux

D'ALLEMAGNE. 167 éntreux, & dé plus, les angles en O & T qui font droits: ces deux triangles font cgaux entr'eux & ainfi le côté Tz, qui elt l'image, eft égal au côté OP qui eft l'objet. 3. Si l'image étoit deux fois plus éloignée du verre que l'objet, 'elle feroit double de l'objet; &, en général ; autant de fois que Pimage eft éloignée du verre que Pobjet, elle lera plus grande. Or plus on approche l'objet du verre; plus l'image s'en éloigne, & devient par-confequent plus grande. 4. Il arrive le contraire lorfque l'image elt plus proche du verre 'que Pobjet; elle eft alors' autant de fois plus petite que l'objet, qu'elle elt plus 'proche du verre que lui. Si donc la diftance de l'image étoit 1000 fois plus petite que celle de Pobjet te Île feroit aufi 1000 fois plus petite. \$: Appliquons cela aux verres ardens qui, expofés au foleil,, repréfentent fon image dans le foyer, ou feroit le foyer, c'eft- à-dire, ce cercle lumineux & brillant qui brûle; & qui n'eft autre chofe que l'image du foleil repréfentée par le verre. V. A. ne fera donc plus furprife de la petitesse de l'image, quoique le foleil Soit fi exceffivement grand, puifqu'elle eft autant de fois plus petite que le véritable foleil dans le foyer; que la diftance du foleil eft plus grande que celle de l'image au verre.

* 6: Il eft donc clair, que plus la diftance du foyer d'un verre ardent eft grande, plus le cercle elt brillant dans le foyer, c'eft-à-dire, L4

168 LETTRES, A. UNE .PRINCESSE plus l'image du foleil fera grande: & le diamètre du foyer .est toujours-environ 100.fois plus petit que la cine du foyer au verre: J'aurai dans la suite l'honneur de parler à V. A. des. diférens ufages qu'on fait des veres de. res CONvèxes ;. qui font tous. fi curieux, qu'ils meritent bien fon attention: le 26. Décembre 1761.

LETTRE CXCLLE a ZE premier fe Es verres çonvèxes est ce. lui des. verres ardents, dont l'efet doit paroître tout=a#fait furprenant. à. ceux mêmes qui ont déjà quelque teinture .de, la phyfique. . En effet, qui. croiroit que. la Himple image du foleil {oit capable.d'exciter.un degré fi prodigieux de..chaleur? Mais V. A..n'en fera -plus furprile, fi elle daigne faire quelque'attention aux réflèxions fuivantes. Soit Tab: VI. fig: 3. MN, un verre ardent, qui recoit {ur {a furface les rayons..du foleil R, R, KR, rompus.de facon qu'ils préfentent en: E un petit cercle lumineux, qui cit l'image du foleil, & d'autant plus petit; que l'oit plus pres Re verre. . Tous les rayons. du foleil. qui tombent ur | a furface du verre; font réunis dans le petit efpace du foyer F, ainfi leur effet doit

D'ALLEMAGNE. 169 y être autant de fois plus grand, que la :
 {urface du verre surpañle la grandeur du foyer soit l'image du soleil. -On dit
 que les rayons qui étoient dispersés: par toute la surface du verre sont
 concentrés dans le 'petit espace: F. 3. Les rayons du soleil ayant un certain
 degré de chaleur, ils exercent ce pouvoir. dans le foyer à un degré fort
 sensible; on peut même estimer combien de fois ce degré doit surpasser :la
 chaleur naturelle -des rayons du soleil : il ne faut que voir combien de fois
 la surface du verre est plus grande que le foyer. 4.-§1 le verre
 n'estoit pas plus grand que le foyer , la chaleur ne {urpañléroit point la
 naturelle ; il faut: en conclure;-que pour qu'un: verre ardent. produise un
 grand effet, il faut qu'il soit convexe ou:qu'il représente l'image du
 soleil, il faut encore qu'il ait:une surface qui surpañle-plusieurs:fois la:
 grandeur du -foyers-qui est d'autant plus petit; qu'il est proche du. verre... |
 §! La Erarte. possède le plus excellent verre ardent; sa largeur est de 3 pieds,
 & on estime {a surface:près de 2000 fois. plus: grande que le foyer:ou
 l'image: du: soleil.-qu'il représente: Il faut donc qu'il produise dans le foyer
 une chaleur :2000 fois- plus -Srande-que! celle:ique. nous réfléchissons du
 soleil... Auf es. effets sont-ils; prodigieux : au! premier instant tout bois..est-
 enflammé, les métaux {ont-fondus en! peu de-minutes; &;enigénéral; le
 feu le plus ardent qu'on puisse produire, n'est pas à com

170 LETTRES" À UNE PRINCESSE parer: avec la véhémence du foyer de ce verre. 6::On estime la chaleur de l'eau bouillante environ trois fois plus grande que celle que nous éprouvons des rayons du soleil pendant l'été, ou ce qui revient au même; la chaleur de l'eau bouillante est trois fois plus grande que la chaleur naturelle du sang dans le corps humain. Mais pour fondre du plomb, il faut une chaleur trois fois plus grande que pour faire bouillir de l'eau, - pour fondre du cuivre, il la faut trois fois plus grande encore. : L'or en exige un bit plus haut degré ; une chaleur 100 fois plus grande que celle de notre sang: est donc capable de fondre l'or ; combien de fois une chaleur 2000 fois plus grande, ne doit-elle donc pas surpasser la force de nos feux ordinaires? 7: Mais comment les rayons du soleil, réunis dans le foyer d'un verre ardent, y produisent-ils ces effets prodigieux? C'est une question bien difficile, sur laquelle les philosophes sont fort partagés. : Ceux : qui soutiennent de les rayons sont une émanation du soleil , lancée : avec la grande vitesse © dont J'ai eu l'honneur de parler) à V. À, ne font pas en peine là-dessus , 'ils montent qu'à dire que la matière des rayons; frappant les corps 'avec violence; doit en briser & détruire tout-à-fait les moindres particules.-°! Mais"ce "entiment ne peut plus avoir lieu: en physique. -18@2 L'autre système/ qui met la nature de

D'ALLEMAGNE. 171 la lumière dans l'ébranlement de Péther, paroît peu propre à expliquer ces effets furprenans des verres ardens.' En pefant bien cependant toutes les circonftances, on fera bientôt convaincu de la poffibilité. Les rayons naturels du foleil excitent en tombant fur un corps, les moindres particules de fa fûurface à un ebranlement, ou mouvement de vibration, qui à {on tôur left capable' d'exciter de nouveaux rayons, qui nous rendent ce même corps vifible. Et un corps melt éclaire, qu'autant que les propres particules font miles dans un mouvement de vibration fr rapide, qu'il {oit capable de produire de nouveaux rayons dans léther. 9: Il eft donc clair , 'que fi les rayons naturels du foleil'ont aflez de force pour ébfanñter-les moindres particules des éorps,' ceux rafflemblés dans le foyer, doivent mettre celles qu'ils 'y rencontrent dans unéagitation {1 violente; que leur Haifon mutuelle' {oit'tout-à:fait 'rompue ; & le corps même entiérenient détruit, ce' qi eft l'effet du fèeu. : Car''fi lé corps eft'cémbuf: tible Comme le' bois', la' difflolution de'fés moin: dres particules, jointe'#-lx plus rapide apgita: tion, en chafle une bonne partie dans Pair!, en forme de fumée, & les parties plus groflières reftent fous la forme dé' ééndres." Les!-corps fufibles ; 'éomme les fiétaux , devieñnentliqui: des par la diffolution de-leurs particules, d'où lon peut comprendre ;? comment le'feu agit {ur les corps; ce-n'eff que H'liafon entre leurs

172 LETTRES A. UNE. PRINCESSE plus petites particules qui en est attaquée, & les particules mêmes y font ensuite mises dans la plus grande agitation. Voilà donc un effet bien frappant des verres ardents, qui tire son origine de la nature des verres convèxes. J'ai l'honneur d'en rapporter encore d'autres merveilles à V. A. le 28 Décembre 1761. a AE.

TDR CXCLV: (3x fait encore usage des verres convèxes dans les chambres obscures, & par leur moyen tous les objets de dehors sont représentés dans la chambre sur une surface blanche, avec leurs couleurs naturelles, de manière que les paysages, ou les places, y sont représentés dans une plus grande perfection, -que ne pourroit le faire un peintre. :: Aussi les peintres se fervent-ils de ce moyen.. pour décrire avec exactitude les paysages & autres objets qu'on voit dans l'éloignement. . C'est de ces chambres obscures que Je me propose d'entretenir. V. A. Dans la fig. 4. Tab. VI. EFGH représente: la coupe d'une chambre obscure, bien fermée de toutes parts, à l'exception d'un trou rond fait dans un volet, ou l'on fixe un verre convexe d'un foyer tel, que l'image des objets de dehors, comme, par exemple, "le arbre OP,

D'ALLEMAGNE. 173 tombe exactement sur la muraille opposée F G en op. On se sert aussi d'une table blanche & mobile qu'on met dans le lieu des images représentées. Ce n'est donc qu'à travers ce trou MN, où est placé le verre, que les rayons de lumière peuvent entrer dans la chambre, sans quoi il y régnerait une obscurité parfaite. Considérons maintenant le point P de quelque objet, la tige par exemple de notre arbre OP. Ses rayons PM; PA, PN tomberont donc sur le verre MN & en feront réfractés, en sorte qu'ils se réunissent de nouveau au point p sur la muraille, ou sur une table blanche mise expressément dans cet endroit. Ce point p ne recevra par conséquent d'autres rayons que ceux qui viennent du point P, de même tout autre point de la table ne recevra que les rayons qui sont partis du point de l'objet qui y répond; & réciproquement, à chaque point de l'objet du dehors, répondra un point sur la table qui en reçoit uniquement les rayons. Si l'on ôte le verre du trou MN, la table ferait tout autrement éclairée, puisqu'alors chaque point de l'objet répandrait ses rayons par toute la table, en sorte que chaque point de la table ferait éclairé à la fois par tous les objets du dehors; au lieu qu'actuellement il n'est éclairé que par un seul point de l'objet dont il reçoit les rayons, d'où V.-A. comprendra aisément que l'effet doit en être tout-à-fait différent, que si les rayons entrent simplement par le trou MN dans la chambre.

meme 174 LETTRES A:UNE PRINCESSE Voyons de plus près en quoi confifte cette différence, & fuppofons d'abord que le point P de Pobjet foit verd, le point p de la table ne recevra donc que ces rayons verds de l'objet P, qui en fe réunifiant feront une certaine impreffion qu'il s'agit d'examiner ici. Pour cet effet V. A: voudra bien fe fouvenir des propofitions fuivantes, que j'ai eu l'honneur de lui expliquer autrefois. 1. Les couleurs diffèrent entr'elles de la même manière que les tons de la mufique: chaque couleur eft produite par un nombre déterminé de vibrations qui, dans un tems donné, {ont excitées dans l'éther. Ainfi la couleur verte de notre point P eit appropriée à un certain nombre de vibrations, & ne feroit plus verte fi ces vibrations étoient plus ou moins rapides: Quoique nous ne connoiffions pas le nombre des vibrations qui produisent telle ou telle couleur, il nous fera toujours permis de {uppofer ici que la couleur verte exige 12000 vibrations par feconde, & ce que nous dirons de ce nombre de 12000 s'entendra aufi aifément du nombre véritable quel qu'il foit. 2. Cela pofé, le point p fur la table blanche {era frappé par un mouvement de vibration, dont 12000 s'achèvent dans une feconde. Or j'ai remarqué que les particules d'une furface blanche font toutes de nature à recevoir toutes fortes d'ébranlemens, plus ou moins rapides, au lieu que celles d'une furface colorée ne font propres qu'à recevoir le degré de rapidité

D'ALLEMAGNE. gs qui convient à leur couleur. Et puifque notre table eft blanche, le point p y {era excité à un mouvement de vibration convenable à la cou: leur verte: ou bien il fera agité 12000 fois par feconde.

3. Tant que le point p, ou la particule de la furface blanche qui fe trouve en p, elt agiz tée d'un femblable mouvement, elle le communiquera aux particules de l'éther qui l'environnèent; & ce mouvement fe répandant en tout {ens, :engendrera des rayons de la même nature, c'eft-2-dire, verds: ainfi que dans les fons, le feul bruit d'un certain fon C, par exemple, ébranle une corde tendue au même ton & lui fait rendre du fon fans qu'elle foit touchée.

4. Le point p de la table blanche produira donc des rayons verds, comme s'il étoit teint de cette couleur: & ce que je dis du point p, aura lieu également pour tous les autres points de la table éclairée, qui produiront tous les rayons, chacun de la même couleur que l'ob. jet dont il représente l'image. Chaque point | de la table deviendra donc vifible fous une certaine couleur comme:fi elle en étoit etfecivement teinte. \$. On appercevra donc {ur la table toutes les couleurs des objets de dehors, dont les rayons entreront dans la chambre par le -verre : chaque point en particulier paroîtra de la couleur de l'objet qui lui répond, & l'on verra fur la table un amas de plufieurs couleurs, difpo

176 LETTRES À UNE PRINCESSE fées dans le même ordre qu'on les voit sur les objets mêmes, c'est-à-dire, une peinture, ou plutôt le tableau au parfait de tous les objets qui se trouvent hors de la chambre obscure devant le verre NN. 6. Tous ces objets paroîtront cependant renversés, comme V. À. le jugera de ce que j'ai dit dans mes lettres précédentes. Le pied de l'arbre O fera représenté en o & la tige P en p: car, en général, chaque objet doit être représenté sur la table blanche, dans l'endroit où parvient la ligne droite tirée de l'objet P par le milieu du verre À; ce qui est en haut sera par conséquent représenté en bas, & ce qui est à gauche sera à la droite; en un mot tout sera renversé sur le tableau ; cependant la représentation fera plus exacte & plus parfaite que ne pourroit la rendre le plus habile peintre. 7. V. À. remarquera, au reste, que cette peinture fera plus petite que les autres mêmes , d'autant que le foyer du verre sera plus court. Ainsi les verres d'un foyer court rendront les objets en petit; & si l'on souhaite qu'ils soient rendus en grand, il faut employer des verres d'un foyer plus long, ou qui représentent les images à une plus grande distance. 8. Pour contempler plus à son aise ces représentations, on intercepte les rayons par un miroir, d'où ils sont réfractés, en sorte qu'ils représentent toute la peinture sur une table horizontale ; ce qui est d'une grande commodité lorsqu'on

tt À ét D'ALLEMAGNE. 177 lorfqu'on veut copier ce qu'on y
 voit repréfente. le 2 Janvier 1761. L'ÉTIDR. Es: CXG VW {Jvuoraur V. À.
 n'ait plus aucun doute fur les repréfentations qui {e font dans une chambre
 obfcure par le moyen d'un verre convexe, j'efpère que les réflèxions
 fuivantes ne feront point {uperflues, & ferviront à mettre cette matière dans
 un plus grand jour. 1. Il faut que la chambre foit parfaitement obfcure; car fi
 elle étoit éclairée, la table blanche feroit vifible, & les particules de fa .
 furface déjà ébranlées, ne pourroient plus recevoir l'impreflion des
 rayons. qui fe réuniroient pour former les images des objets qui {ont hors de
 la chambre. Cependant, pourvu que la chambre {oit peu éclairée, on
 appercevra toujours {ur la table quelque chofe de la repréfentation,
 quoiqu'elle ne {oit pas fi vive que fi la chambre étoit entièrement obfcure.
 2. En fecond lieu il faut bien diftinguer la peinture exprimée fur la table
 blanche, de l'image que le verre repréfente par fa propre nature, comme je
 l'ai expolé ci-deflus. Il eft bien vrai que plaçant la table dans le lieu même
 où l'image des objets elt formée par le verre, cette image {e confondra avec
 la peinture Tom. III. M

178 LETTRES À UNE PRINCESSE qu'on apperçoit sur la table, mais toutefois ces deux choses font d'une nature tout-à-fait différente : l'image n'est qu'un spectre ou une ombre voltigeant dans l'air, qui n'est visible qu'en certains endroits, tandis que la représentation est un vrai tableau, que tous ceux qui sont dans la chambre peuvent voir, & auquel il ne manque que la durée. 3. Pour éclaircir mieux cette différence, on n'a qu'à bien considérer la nature de l'image 0, qui est représentée dans la fig. 5. Tab. VI. par le verre convexe MN, l'objet étant en O. Cette image 1 est autre chose que le lieu où les rayons OM, OC, ON de l'objet, après avoir traversé le verre, se réunissent par la réfraction, & continuent ensuite leur route comme s'ils venoient du point o quoiqu'ils prennent naissance en O, & point du tout en o. 4. Cette circonstance fait que l'image o n'est visible qu'aux yeux qui se trouvent quelque part, entre l'angle RoQ, comme en S, où un œil recevra effectivement des rayons qui lui viennent du point 0. Mais un œil placé hors de cet angle, comme en F ou en V, n'en verra rien du tout, puisqu'aucun des rayons réunis en o n'y est dirigé: ainsi l'image en o diffère bien essentiellement d'un objet réel: elle n'est visible qu'en certains endroits, & ressemble en cela à ce qu'on nous raconte des spectres. s. Mais si l'on place en © une table blanche, & que la surface en ce point © doit réellement excitée à un ébranlement semblable à celui qui

< D'ALLEMAGNE. 179 rèone dans l'objet O, cet endroit o de la {urface engendre lui-même des rayons qui le rendent vilible par-tout. Voilà donc la diférence entre l'image d'un objet & fa représentation., faite dans une chambre obfcure : l'image n'est vifible qu'en certainsendroits, {avoir dans ceux par. où pañlent les rayons qui viennent originairement de l'objet; au lieu que la peinture, foit la représentation formée {ur la table blanche, et vue par fes propres rayons excités par le trémoufflement des particules de fa furface, & par conféquent , par-tout dans la chambre ob{cure. 6. On voit aufhi qu'il faut abfolument mettre la table blanche exactement dans le lieu de Fimage formee par le verre; afin que chaque point de la table ne recoive d'autres rayons que ceux qui viennent d'un feul point de l'objet: car fi d'autres rayons y tomboient aufli, ils troubleroient l'effet de ceux-là, ou rendroient la reprefentation confule. 7. Si l'on ôtoit le verre tout-à-fait, & que les rayons trouvañlent une entrée libre dans la chambre obfcure, la table blanche en feroit éclairée fans qu'on y vit aucune peinture: les rayons des diferens objets tomberoient {ur chaque point de la table & n'y exprimeroient aucune image déterminée. Ainfi la peinture qu'on voit dans une chambre obfcure {ur une furface blanche eft l'effet du verre convexe fixé au volet; c'est lui qui réunit de nouveau dans un M 2

180 LETTRES À UNE PRINCESSE

feul'point, tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet. 8. On obierve cependant ici un Here ne bien fingulier , lorique le trou fait au volet de la chambre obfcure eft très-petit: quoiqu'il n'y ait point alors de verre, on apperçoit cependant fur la muraille oppofce, les images des objets qui font en dehors, & même avec leurs couleurs naturelles: mais la représentation eft 'très-foible & confufe, & des qu'on élargit le trou, ce fpectacle difparoît entièrement. Je vais expliquer la caule de ce phénomène. Dans la fig. 6. Tab. VI. MN eff la petite ou-verture par laquelle les 'rayons des 'objets de 'dehors' entrent dans la chambre obfcure EFGH. La muraille F H vis-à-vis du trou eft blanche, pour mieux recevoir l'impreflion de toutes {ortes de rayons. Que le point O marque un objet, dont il n'y a que les rayons OM, ON, avec ceux qui {e trouvent entr'eux, qui peuvent entrer 'dans la chambre: ces rayons tomberont fur le petit efpace oo de la muraille & l'éclaireront: cet efpace oo fera d'autant plus petit, ou approchera d'autant plus 'd'un point, que le trou MN fera petit: fi donc ce trou étoit tres-petit, nous aurions l'effet précédent, où chaque point de la table blanche ne. reçoit que les rayons d'un feul point de l'objet: il s'y feroit par conféquent une représentation femblable à celle que produit le verre convexe placé dans le trou du volet. Mais dans ce cas-ci, le trou ayant une cer

D'ALLEMAGNE. YSF taine étendue, quelque petit qu'il foit, chaque point O de l'objet éclairera: un certain petit espace 00 fi la muraille & l'ébranlera: par {es rayons. Il arrivera donc à-peu-près la: même chose que fi un peintre, au lieu de faire des points sur le tableau, y faisoit avec un gros pinceau des! taches d'une certaine. grandeur, en -observant toutefois le dessin & le coloris: ce fera à un: pareil: barbouillage que! reflèblera nôtre représentation faite {ur la «muraille: cependant elle fera d'autant plus nette, quelle trou par lequel les rayons entreront {era petit. les Janvier 1762. | dim CXCVI Ta chambre obscure n'a proprement d'effet que {ur des 'objets :fort éloignés , mais. V.A. font bien, que {on usage s'étend aussi à des ob. jets plus voisins ; 'il faut alors éloigner. davantage du verre la table; blanche ; 'conformément à cette règle 'générale ,;:que- plus. an: approche l'objet du verre convexe ; plus l'image, ou la table :blanche-doit être placée ,. S'en éloigne; & si la chambre: n'est 'pas -assez-profonde;il: faut prendre un verre dont le foyer {oit plus court. 1 On pourroit donc: placer . hors: de la chambre,» devant de trow où «est le, verre: convexe, un'objet:quelconque 'au: un 'tableau; : & on en M 3

27 its — 192 LETTRES À UNE PRINCESSE

verroit une copie
sur la table blanche dans la chambre :obfcure, plus grande que Poriginal,
ou: plus petite, felon que la diftance de l'image feroit plus ou moins grande:
mais il eroit plus commode que l'objet -put être expofé. dans Ja chambre
obfcure même, afin que l'on put le manier & le changer comme: on le
jugeroiit à propos. Il fe préfente une grande difficulté à réloudre ; l'objet
deviendrait obfcure lui-même, & par conféquent incapable: de produire leffet
que nous fouhaiterions. Is'agit donc d'éclairer l'objet le plus qu'on pourra
dans la chambre obfcure même, fans que la Tumäière puifle pénétrer dans la
chambre. J'en ai trouvé le moyen; V. A. fe fouviendra que je lai exécuté
dans une machine 'de Cetté nature, que j'ai eu l'honneur de lui préfenter il y
a fix Ans: & V. À Compréfigra bientôt la conftruction & les RENSpEss »
lefquels elle eft fondée. Cette machine confifte en: une caifle bien fermée
de tous côtés ;:à-peuprès {emblable à la fig: 7. Tab. VIE: où le::côte : de:
derriere: E G a une ouverture ÎK s:pourychañer.les objets; portraits: ou)
autres peintures OP 'qu'on: veut repréfenter ; de l'autre/côté wisza-vis:
eft:cun tuyau MNQR ,. contenant-un)verre convexe MN ; ce tuyau'eft
mobile, pour: pouvoir 'ape procher: le verre, de l'objet. ouVen éloigner
comme où voudra. Alors, pourvu querFobjet O P'foit bien éclairé , le verre
en jetter® quel: que part l'image op, :&fl'on:y place une:table

D'ALLEMAGNE. 183 blanche, on y verra une copie parfaite de l'objet, d'autant plus claire que l'objet lui-même fera plus éclairer: Pour cet effet, j'ai pratiqué dans cette caïfle deux aîles à côte, pour y placer quelques lampes à grofles mèches, & mis dans chaque aîle un miroir qui réfléchit la lumiere des lampes fur les objets OP : au-deflus, en EF eft une cheminée par où fort la fumée des lampes. Telle eft la éonftruction de cette machine, au dedans de laquelle Pobjet OP peut recevoir une tres-forte illumination, fans que Pobfcurite de la chambre en foit diminuée. Pour lufage de cette machine il faut remarquer les articles fuivans : L Si l'on enfonce letuyau MN QR , ou qw'on approche le verre MN de Pobjet OP, limage op s'éloignera , Il faut donc reculer la table blanche pour y recevoir Pimage, qui en deviendra plus grande, & même on peut la erofhir autant qu'on veut, en approchant davantage le verre MN de Pobjet O:P. TT. En éloignant le verre de Fobjet, la diftance de Pimage diminuera , il faut alors approcher la table blanche du verre pour avoir une reprélentation nette &@& diftincte, mais elle fera plus petite. IIE Il eft clair que Pimage fera toujours renverice, mais il'eft'aifé de remédier à cet inconvéniént, il ne faut que renverfer l'objet OP même, en tournant le haut en bas, & M 4

> VTT me . . D 0 =, | 184 LETTRES À UNE PRINCESSE

l'image fera représentée debout sur la table blanche. IV. C'est encore une remarque générale, que plus on grossit l'image sur la table blanche moins elle aura de lumière & {era plus obscure: mais si l'on fait l'image petite, elle devient plus lumineuse & plus brillante. La raison en est évidente, toute la clarté provient de l'illumination de l'objet ; plus elle est répandue dans un grand espace, plus elle doit 'être affaiblie, & plus elle est réfléchie, plus elle fera brillante. V. Ainsi, plus on veut grossir la représentation, plus on doit renforcer l'illumination de l'objet, en augmentant la lueur des lampes dans les ailes de la machine; une illumination médiocre fuit. La machine dont je viens de donner la description , est nommée Lanterne magique, pour la distinguer d'une chambre obscure ordinaire, dont on se sert pour représenter les objets éloignés: la figure a sans - doute occasionné le nom de lanterne, {ur-tout parcequ'on y enferme des lumières; mais l'épithète de magique vient de ce que les premiers possesseurs ont voulu persuader au peuple qu'il y avoit de la magie ou du sortilège. Cependant les lanternes magiques ordinaires ne sont point construites de cette façon, & ne servent à représenter d'autres objets que des figures peintes sur le verre, au lieu que cette machine-ci peut être appliquée à toutes sortes d'objets.

D'ALLEMAGNE. 18 On peut même s'en fervir pour représenter les plus petits objets, & les grossir prodigieusement, de sorte que la plus petite mouche paroisse aussi grande qu'un éléphant :. mais alors la clarté des lampes ne suffit pas; il faut disposer la machine de manière que les objets puissent être éclairés par les rayons du soleil renforcés par un verre ardent: la machine change alors de nom, & s'appelle microscope solaire. J'aurai occasion d'en parler plus amplement dans la suite. le 5 Janvier 1762. F. P. ERIT EN ACER LINE AVE ACT SARL EU CEA DERPOT ESERENPT (L SERA PEINE REP VRP IPN + SSSR LETTRE -CXCXVIE € Dn Le fait aussi de verres convexes pour regarder immédiatement à travers: mais pour expliquer les différents usages, il faut pousser nos recherches sur la nature plus loin. Ayant observé la distance de foyer d'un tel verre, J'ai déjà remarqué que, lorsque l'objet est fort éloigné, son image est représentée dans le foyer même, mais qu'en approchant l'objet du verre, l'image s'en éloigne de plus-en-plus, de sorte que si la distance de l'objet est égale à celle du foyer du verre, l'image s'en éloigne à l'infini, & devient par conséquent infiniment grande. C'est parce que Teb. VI. fig. 7. les rayons #

N = 2 JR. 7 at en | \ 186 LETTRES À UNE PRINCESSE OM, OM, qui tombent du point © sur le verre, {ont rompus par le verre, enforte qu'ils deviennent paralleles entr'eux comme NE & NF, & comme les lignes paralleles font cefées courir à l'infini, & que l'image eft toujours où les rayons, qui font {ortis d'un point : de l'objet, fe réuniflent de nouveau après la réfraction; dans le cas où la diftance de l'objet OÀ eft égale à celle du foyer du verre, le lieu de l'image s'éloigne à l'infini, & puifqu'il eft indifférent qu'on conçoive que les lignes paralleles NF & NF concourent à l'infini vers la gauche, ou qu'elles concourent vers la droite, on peut dire également que l'image fe trouve tant à droite qu' gauche, dans un éloignement infini, l'effet en étant toujours le même. Cela remarqué; V. À. jugera facilement en quel Heu l'image doit fe trouver, lorfqu'on approche davantage l'objet du verre. Soit OP, Tab. VI. fig. 8. Pobjet, & puifque la diftance OÀ du verre convexe eft moindre que {a diftance de foyer, les rayons OM, OM qui y tombent du point O font trop. divergens, pour que la force réfractive du verre puifle les rendre paralleles entr'eux: is feront donc encore divergens après la réfradion, comme le marquent les lignes NF, NF, mais beaucoup moins qu'auparavant, ainfi en prolongeant ces lignes en arrière, elles concourront quelque part en o, comme V. À. peut le voir dans les lignes ponctuées No,

< D'ALLEMAGNE. 197 N 0. Par conséquent les rayons NF, NF, après avoir pñlé par le verre, tiennent la même route que s'ils venoient du point o, quoiqu'ils n'aient pas pñlé par ce point, puisque ce n'est que dans le verre qu'ils ont pris cette nouvelle route. Un œil qui recoit ces rayons réfractés NF, NF fera donc affecté, comme s'ils venoient du point O, & s'imaginera que l'objet de la vision existe en O. Il n'y aura pourtant pas d'image comme dans le cas précédent, on auroit beau mettre une table blanche en O, il ne s'y représenteroit aucun tableau, faute de rayons, c'est pourquoi on dit qu'il y a en o une image imaginaire, c'est-à-dire, qui n'est point réelle: le mot imaginaire étant opposé à celui de réel. Cependant un œil placé en E recoit la même impression que si l'objet OP, dont les rayons sont sortis originairement, existoit en o. Il est donc très-important de connoître, comme dans les cas précédens, le lieu & la grandeur de: cette image imaginaire op. Il suffit pour le lieu, de remarquer que, si la distance de l'objet AO 'étoit égale à la 'distance du foyer du verre, l'image en feroit éloignée-à l'infini, & c'est ce que ce cas a de commun avec le précédent; mais plus on. 'apioche l'objet du verre, ou que la distance AO devient plus petite que celle du' foyer: du verre; plus l'image imaginaire s'approche: du verre, quoique pourtant; elle reste toujours plus éloignée du verre que l'objet même

— TR. . tien 188 LETTRES À UNE PRINCESSE Pour éclaircir la chose par un exemple, supposons que la distance de foyer du verre soit de 6 pouces, & pour les différents éloignemens de l'objet, la table ci-jointe nous marque la distance de l'image imaginaire op. Distance de objet Distance de l'image AO imaginaire À o 6 infinie 30 4 12 3 6 2 3 : 1 & un cinquième La règle pour trouver la grandeur de cette image imaginaire op est aisée & générale; on va qu'à tirer par le milieu du verre (que j'ai marqué C }) & par l'extrémité de l'objet P, la ligne droite CPp; & à sa rencontre avec la ligne op tirée perpendiculairement en o à l'axe du verre, se trouvera la grandeur de l'image imaginaire Op; d'où l'on voit que cette image est toujours plus grande que l'objet. même OP autant de fois qu'elle est plus éloignée du verre que l'objet OP: On voit aussi que cette image n'est pas renversée comme! dans le, cas précédent, mais debout comme l'objet. V. À: doit comprendre quel usage, les personnes dont la vue n'est pas propre à regarder

D'ALLEMAGNE. 189 der , les objets de près, & qui les voyent mieux dans un grand éloignement, peuventtirer de ces verres. Elles 'ont qu'à regarder les objets par des verres convèxes, pour les voir comme s'ils étoient fort éloignés. Le défaut de ne pas bien voir les objets près a lieu ordinairement chez les vieillards, qui se fervent en conséquence de lunettes à verres convèxes, qui, exposés au soleil, brûlent comme un verre ardent, ce qui fait connoître la distance du foyer de chaque verre. Quelques personnes ont besoin de lunettes dont le foyer soit fort court, d'autres d'un foyer plus grand, selon la portée de leur vue; mais il me suffit pour le moment d'avoir expliqué l'usage de ces lunettes en général. le 12 Janvier 1762. LETTRE SCXEVITE à V7. A. a vu comment les verres convèxes louagent la vue des vieillards, en leur représentant les objets plus loin qu'ils ne font effectivement : il y a par-contre des yeux qui demandent, pour voir les objets distinctement, qu'ils leur soient représentés plus près, & ce font les verres concaves qui leur rendent ce service: ce qui me conduit à l'explication de

= a ' un 190 LETTRES À UNE PRINCESSE l'effet des verres
 concaves, directement con: traire à celui des verres convèxes. Lorfque
 l'objet OP Tab. VI. fig. 9. eft fort éloigne, & que fes rayons OM, OM tom:
 bent prèfque parallèles fur le verre concave TV, alors, au lieu de devenir
 convergens par la réfraction du verre, ils deviennent plus divergens au
 contraire, en {uivant les routes NF, NF, qui, prolongées en arriere, con:
 courent dans le point O; deforte qu'un œil placé par exemple en E, recoit ces
 rayons réfractés de la même manière que s'ils partoient du point o,
 quoiqu'effectivement ils viennent du point O; & c'eft pourquoi j'ai ponctué
 dans la figure les lignes droites No, N o. Comme l'objet elt fuppoié
 infiniment éloigné, fi le verre étoit convexe, le point a feroit ce qu'on
 nomme foyer, mais puifqu'il martive ici aucune concurrence téelle de
 rayons, on nomme ce point, le foyer imaginaire du verre concave; quelques
 auteurs le nomment auf point de difperfion, puilque les rayons réfraétés par
 le verre {emblent être difperlés de ce point. Les verres concaves n'ont donc
 pas un vrai foyer comme les convèxes, mais feulement un foyer imaginaire,
 dont la diftance au verre À oeft cependant aufli nommée la diftance du
 foyer de ce verre & fert, par le moyen d'une règle {emblable à celle qu'on
 donne pour les verres convèxes, à déterminer le lieu de li

D'ALLEMAGNES To mage, lorfque l'objet n'est pas infiniment éloigné. Or cette image est toujours imaginaire, au lieu que pour les verres convèxes elle ne le devient, que lorfque l'objet est plus proche que la distance du foyer. Sans entrer dans l'explication de cette règle qui regarde uniquement le calcul, il fufhit de remarquer: L Que lorfque l'objet OP est infiniment éloigne, l'image imaginaire op est représentée à la distance de toyer du verre concave, & cela vers le même côté que l'œil trouve l'objet. (Cependant, quoique cette image soit imaginaire, l'œil placé en E est tout aufk: bien affecté que si elle étoit réelle; comme j'ai eu l'honneur de le dire à V. À, au fujet des verres convèxes, où l'objet est plus proche du verre que la distance de foyer. IL Lorfqu'on approche l'objet OP davantage du verre, son image op s'en approchera davantage aufli, mais de manière que l'image sera toujours plus proche du verre que l'objet, au lieu que pour les verres convèxes, l'image en est plus éloignée que l'objet. Pour mieux éclaircir cela, fuppoſons que la distance de foyer du verre concave doit de 6 pouces;

| 192 LETTRES À UNE PRINCESSE Si la distance de la distance
de l'image l'objet O À ef o À fera; Te Et a DÉNONCER infinie 6 50 | ; 12 4
6 3 3 2 2 1 & demi. III. On détermine toujours par la même règle la
grandeur de l'image imaginaire o p. On tire du milieu du verre une ligne
droite, à l'extrémité de l'objet P, qui passera alors par l'extrémité p de
l'image. Car puisque la ligne P À représente un rayon qui vient de
l'extrémité de l'objet, il faut que ce même rayon, après la réfraction, passe
par l'extrémité de l'image; mais puisque ce rayon PA passe par le milieu du
verre, il ne souffre aucune réfraction, il faut donc qu'il passe lui-même par
l'extrémité de l'image, qui fera en p. IV. Cette image n'est pas renversée,
mais dans son sens naturel comme l'objet; & l'on peut observer cette règle
générale, que toutes les fois que l'image tombe du même côté du verre où
est l'objet, elle est toujours représentée debout, que le verre soit convexe
ou concave; mais quand elle est représentée de l'autre côté du verre, elle est
alors " 2. 7 a - s ————— = =. x An

D'ALLEMAGNE, 193 alots renverfées ce qui ne peut avoir lieu
 que dans les vetres convèxes. V: I eft donc clair ; que les images
 reprélentées par les vérresconcaves font toujours plus petites que:les objets:
 &la faifoni en eft évidente ; puifque les imiages font plus pro: ches qu'eux:
 on ia qu'à regarder la figure: pour s'aflürer dé cétte vérité, Ce font les.
 propriétés 'principales qu'il. faut 'remarquer {ur la nature des verres
 concaves, &:là4: maniere::dont: ils repréfentent les objets. | ES | Il
 effmaintenañt aifé de comprendre , comment les verres concaves tendent de
 grands fervices à ceux qui ont la vue courté V, A. connoit bien des
 perfonnes qui ne fauroient lire ou écrire fans/toucher prefque Je papier de
 leur né. Il faut donc, pour voir diftinctement, qu'ils approchent les objets de:
 leurs yeux, & je crois avoir déjà remarqué :qu'on leur donne le nome
 Mivopes: les verres concaves: leur feront donc d'un excellent ufage, car ils
 leur repréfentent les objets les plus éloignés, commeis#fort près: les images
 n'étant éloignées de ces verres que de la diftance de leur foyer:qui,; pour:la
 plûüparts; n'eft que de quelques pouces. Il'eft vrai que (ces images font
 beaucoup plus petites que les :objets mêmes; mais cela n'apporte aucun
 obftacle à la vifion diftinéte, Une petite chofé peut nous paroître plus
 gtandé de près, qu'un très-grand corps fort Tom. IIL. N

e = — W | 194 LETTRES À: UNE PRINCESSE éloigné: : En effet, une pièce de deux-dreyer * paroîtra plus grande:à V. À. qu'une étoile du ciel, quoique cette étoile : {urpañlât de beaucoup la terre en grandeur. Ceux qui 'ont la vue courte, {oit les miopes; ont donc befoin:-de-verres qui:leur repréfontent, les objets: plus :près; tels {ont les verres. conCaves. :Et :ceux: qui: ont la:vue trop. longue, qu'on nomme :prèsbites ,:-ont befoin de verres convèxes;; qui leur :repréfontent les:objets dans un.plus-grand: éloignement. le. 16 :Janvier 1762: LE.TTRE-CXCIX. j Ar eu, l'honneur de dite à V.: A. que: les miopes {ont.obligés de fe {ervir de verres. concaves pour bien voir les objets: éloignés, ::6c que les prèsbites font ufage de verres: convèxes pour:bien voir ceux qui:{ont pres: chaque vue-a:une certaine «étendue, & chacun voudroit :4voir un verre qui. lui repréfontat parfaitement les! objets. :: Cette: diftance elt fort petite chez les miopes; :@& très - grande chez les prèsbites : :mais il y :a des yeux fi bien conditionnés, : qu'ils voyent également * Petite monnoye d'argent. un peu plus grande que Îa prunelle de l'œil, qui eift la quarante-huitième partie d'un écu.

D'ALLEMAGNE. LH bien les objets voifins & ceux qui fonce à une grade diftance, Cependant, de quelques: nature que foit la vue d'un homme, la : diftance' n'elt jamais trop petite, il ny & point de miope qui puifle voir diftinctement à moins de diftance qu'un pouce; V. A9 aura bien obfervé que, lorfqu'elle/approche trop: un objet de {es yeux, elle:ne le voit que très. confufément, cela dépend de la ftruéture des yeux, qui eft telle . chez les hommes, qu'ils ne peuvent pas voir à. trop peu de: diftance : mais il eft {ûr que les infectes peuvent voir à de très-petites diftances, ®& que les objets fort éloignés leur {ont invifibles.: -Je ne crois pas qu'une mouche puifle voir les étoiles, parcequ'elle voit tres-bien .à la: diftance de la dixième partie dun pouce , à laquelle:nous ne voyons abfolument rien. :Cette confidération me conduit à l'explication desmicrofcopes, qui nous repréfentent les: plus' petits objets, comme s'ils étoient bien grands. . Pour en donner' une idée juftte, 'il faut bien diftinguer: la grandeur apparente 'de chaque objet, de la véritable; celle-ci fait l'objet de la géométries.& refte invariable tant que le corps demeure dans fon état. Mais la grandeur apparente 'peut varier à Pinfini, quoique le corps: demeure toujours le même. Ainfi les étoiles nous paroiffent extrêmement pere quoique leur grandeur véritable foit prodigieufe, :parceque-nous en fommes à une N 2

F96 LETTRES A UNE PRINCESSE très. - grande ;diftance.. Si nous pouvions 'en approcher , elles nous paroîtroient plus grandes, d'où V.-A. jugera: que la grandeur apparente dépend de l'angle que forit entr'eux les rayons qui viennent des extrémités 'de l'objet En nos yeux. Soit POQ Tab. VIL. Re. i. l'objet de no! tre vue, qui, {1 l'œil.étoit:placé: en 'A;, | paroîtra {ous l'angle PAQ , nommé l'angle vifuell & qui nous indique la grandeur apparente, de l'objet; d'où il eft évident, que:plus l'œil s'é: loigne de Pobjet, plus cet angle-devient petit,: &.qu'il eft pofible queules plus grands corps nous paroiffent fous un très-petit angle vifuel, pourvû que nous. en {oyons aflez éloignés , comme il arrive dans les étoiles. : Mais quand l'œil s'approche davantage de l'objet, &:qu'il le regarde de B, il lui paroîtra fous l'angle vifuel OBQ , qui eff wifiblement plus gi que PAQ.. Approchons l'œil jufqw'en C, & l'angle vifuel PCQ fera. plus grand encore. De plus, l'œil étant placé en D, l'angle vifuel fera PDQ; & -én l'approchant jufqu'en E, l'angle viluel fera PEQ.: toujours plus grand. Donc, plus on approche l'œil: 'de Pobjet, plus l'angle vifuel devient grand, & la grandeur apparente plus forte... Quelque petit que {oit l'objet, il eft donc.poffible d'en augmenter la grandeur apparente autant qu'on voudra: il n'y a qu'à s'en approcher autant qu'il faut, pour un angle vifuel aufli grand. Une mouche aflez près de l'œil pourra par conféquent

D'ALLEMAGNE. | 197 paroître fous un angle auflî grand qu'un éléphant à la diftance de dix pieds. : 'Il faut dans une telle comparaïfon, ajouter foignétivement -Ja diftance dans laquelle on fuppoſe voir l'éléphant; fans cette condition, on ne diroit abſolument rien ; puifqu'un éléphant ne nous paroît grand, que quand nous n'en fommes pas fort éloignez;' à la diftance d'un mille, on ne diftingue peut-être plus un éléphant d'un cochon, & s'il étoit tranſporté dans la lune, il deviendroït abſolument invifible, à caufe de fa trop petite grandeur apparente; & je pourrois bien dire qu'une mouche me paroît plus grande qu'un éléphant qui feroit dans un très-egrand éloignement. Ainſi, quand on veut parler avec précifion, il ne faut pas parler de la grandeur apparente d'un corps, fans avoir égard à fa diftance, puifque le même corps peut nous paroître très-grand, ou très-petit, felon que fa diftance eſt plus ou moins grande. Il eſt donc très- facile de voir les plus .petits objets fous de très-grands angles viſuels, on n'a qu'à les tenir à une très-petite diftance de l'œil. Cet expédient eſt bon pour une mouche, mais les yeux des hommes ne fauroient rien voir à de trop petites diftances, quelque courte que ſoit leur vue, d'ailleurs les bonnes vues voudroient voir auſſi les: plus petits objets d'une extrême groſſeur. Il s'agit donc de trouver un moyen, par lequel nous puiffions voir un objet diſtinctement, non
=obitant fa N 3

= Le TT , | : _ un 4 198 LETTRES À UNE PRINCESSE grande
proximité de œil. ; Les verres convexes nous procurent cet avantage, 'en
éloignant l'image des objets trop près. Qu'on se ferve d'un verre convexe
très-petit MN , Tab. VII. fig..2. dont la distance de foyer soit longue d'un
demi pouce; si l'on place devant, un petit objet OP, à une distance un peu
moindre que demi pouce, le verre. en. représentera l'image en op, au loin
qu'on voudra, Qu'on tienne donc l'œil derrière le verre, & l'on: verra l'objet
comme s'il étoit'en O,;-& dans un éloignement suffisant, comme si sa
grandeur étoit op: comme l'œil est supposé très-proche du:verre, l'angle
visuel fera pro, c'est-à-dire,; le même que P:O, sous lequel. Pœil nud verroit
l'objet OP dans-cette, proximité; mais: la vision est devenue distincte par le
moyen du verre; tel est le principe de la construction des microf. copes. le
19 Janvier 1762. Le ET IR" EUSEC: É AE plusieurs personnes regardent le
même objet par:un) microscope, le pied d'une mouche par exemple, tous
conviennent qu'ils le voyent très-grand, mais leur jugement sur la véritable
:grossueur sera fort partagé, l'un

D'ALLEMAGNE. 199 dira qu'il lui paroît auf grand que celui d'un cheval, un autre que celui d'une chèvre, le troifième que celui d'un chat. Perfonne n'avance donc rien de précis la-deflus, s'il n'ajoute à quelle diftance il prétend voir les pieds du cheval, de la chèvre, ou du chat: ils fous-entendent donc chacun fans le dire, une certaine diftance, qui étant fans-doute dirérente, on n'a pas lieu d'être furpris de leurs divers fentimeñs, puifqu'un pied de cheval vu de loin peut bien ne pas paroître plus grand qu'un pied de chat vu de près, Ainfi, quand il s'agit de dire combien un microfcope erofit les objets, il faut s'accoutumer à parler d'une manière plus précife, & expliquer principalement la diftance, dans la comparaifon qu'on veut faire, Il ne convient donc pas de comparer les apparences que nous offrent les microfscopes avec les objets d'une autre nature, que nous fommes accoutumes de voir, tantôt loin, :tantôt près; le plus sûr moyen de régler cette eftime, femble -celui dont les auteurs qui traitent des microfscopes , {e fervent actuellement. Ils comparent un petit objet vu par le microfcope, avec l'aspect {ous lequel il feroit vu à la vue fimple, en étant éloigné à une certaine diftance, & ils font d'avis que, pour bien contempler ce petit objet à la: vue fimple, il le faut placer à la diftance de 8 pouces, en fe réglant fur de bons yeux; car un miope s'en aprocheroit bien davantage ; & un prèsbite-feN 4 TT "À . L Biz,

200 LETTRES À UNE PRINCESSE roit le contraire. Mais cette différence n'influe pas sur le raisonnement, pourvu qu'on fixe la distance sur laquelle on se règle; & aucune raison ne nous oblige de fixer une autre distance que celle de 8 pouces, reçue de tous les auteurs qui ont traité cette matière. Ainsi, quand on dit qu'un microscope rend les objets 100 fois plus grands, V. À. entendra, qu'à l'aide de ce microscope, les objets paroissent 100 fois plus grands que si nous les regardions à: la distance de 8 pouces, & par ce moyen, elle {se formera une idée juste de l'effet d'un microscope. En général, un microscope grossit autant de fois qu'un objet paroît plus grand que si on le regardoit sans le secours du verre, à la distance de 8 pouces. V. À. conviendra bien que c'est déjà un effet surprenant, que de voir un objet 100 fois plus grand qu'il ne paroît..à la distance de 8 pouces: mais on à pouillé la chose beaucoup plus loin, & l'on a des microscopes qui grossissent jusqu'à 500 fois, ce qui est prodigieux; on pourroit bien dire alors que la jambe d'une mouche paroît plus grande que celle d'un éléphant. Je crois même qu'on pourroit faire des microscopes qui grossiroient 1000 fois & même 2000 fois ; qu'on découvrirait sans-doute quantité de choses qui nous {ont encore inconnues. Mais quand on dit-qu'un objet paroît, par le microscope, 300 fois plus grand qu'étant

D'ALLEMAGNE. 20 vü à la diftance de 8 pouces, il faut entendre par-là que lobjet eft groffi tant en longueur qu'en largeur & profondeur; deforte que chacune de ces dimenfions paroît 160 fois plus grande. On n'a donc qu'à concevoir à la diftance de 8 pouces un autre objet fem: blable au premier, mais dont la longueur foit 100 fois plus grande ; de même que fa largeur & fa profondeur, & ce fera l'imagé qu'on . voit par le microfcope: 'Or fi la' longueur, la largeur & la profondeur d'un objet font cent fois plus grandes que celles d'un autre, V. À. fentira ailément que toute l'étendue fera beaucoup plus de r00 fois plüs grande: pour mettre cela dans tout fon jour, concevons deux parallelogrammes ABCD , &EFGH, qui ayent la même largeur Tab. VII. fig. 3. mais que la longueur du premier AB foit \$ fois plus grande que la longueur de l'autre EF, & il eff clair que l'aire, foit l'espace contenu dans le premier , eft \$ fois plus grande que celle qui eft renfermée dans l'autre, puifqu'en effet celui-ci et contenu \$ fois dans le premier. Donc pour que le parallelogramme AD foit \$ fois plus grand que celui EH, il fuffit que fa longueur AB foit \$ fois plus grande, pendant que la largeur 'eft la même; & fi outre cela la largeur étoit aufli \$ fois plus grande, il deviendroitencore \$ fois plus grand, & par conféquent \$ fois \$ fois, c'eft-à-dires 2\$ fois plus grand. Ainfi, de deux furfaces . fi lune eft \$ fois plus longue & \$ fois plus

202 LETTRES À UNE PRINCESSE large que l'autre, elle est effectivement 25 fois plus grande. Si nous mettons encore en ligne de compte la profondeur ou hauteur, l'augmentation fera plus grande encore. Que V.A. conçoive deux chambres, dont l'une soit s fois plus longue, s fois plus large & s fois plus haute que l'autre: {a capacité deviendra s fois $2s$ fois, c'est-à-dire 125 fois plus grande. Donc, lorsqu'on dit qu'un microscope grossit 100 fois, puisqu'on doit l'entendre tant de la longueur que de la largeur & profondeur ou épaisseur, c'est-à-dire, trois dimensions, toute l'étendue de l'objet {era augmentée 100 fois 100 fois 100 fois; or 100 fois 100 fait 10000, qui étant pris encore 100 fois, donne 1,000,000, ainsi quand un microscope grossit 100 fois, l'étendue entière de l'objet est représentée 1,000,000 fois plus grande. On se contente cependant de dire, que le microscope ne grossit que 100 fois; mais il faut entendre que chaque dimension, savoir la longueur, la largeur & la profondeur est représentée 100 fois plus grande. Si donc un microscope grossissait 1000 fois, l'étendue entière de l'objet deviendrait 000 fois 1000 fois 1000 fois plus grande, ce qui fait 1,000,000,000 ou mille millions, ce qui ferait un effet prodigieux. Cette remarque est bien nécessaire pour {e former une idée juste de ce qu'on dit sur la force des microscopes. le 23 Janvier 1762.

'D'ALLEMAGNE. | 203 LB TRE CCE A yanT expliqué à V. À.
 de quelle manière on doit juger de la force des microscopes, il me fera
 facile de démontrer la proposition fondamentale pour la construction des
 microscopes simples.' Je dois remarquer à cette occasion, qu'il y a deux
 sortes de microscopes, les uns d'un seul verre, & les autres de deux ou
 plusieurs, qui portent le nom de microscopes simples, & de microscopes
 composés, & qui exigent des éclaircissements particuliers. J'en retiendrai
 V. À. en premier lieu des microscopes simples, qui ne consistent que dans
 un seul verre convexe, dont l'effet est déterminé par cette proposition : Un
 microscope simple grossit autant de fois que la distance de foyer est plus près
 que 8 pouces, en voici la démonstration. Soit MN Tab. VII. fig. 4. un verre
 convexe dont la distance de foyer soit CO; à laquelle il faut placer objet OP,
 à-peu-près, afin que l'œil le voie distinctement; il verra cet objet sous
 l'angle OCP. :Mais si l'on le regardoit à la distance de 8 pouces, il paroîtroit
 sous un angle autant de fois plus petit que la distance de 8 pouces surpasse
 la distance CO ; l'objet paroîtra donc autant de fois plus grand que si on le
 regardoit à la distance de 8 pouces. Or; selon la règle établie ci-dessus, un
 microscope

204 LETTRES À UNE PRINCESSE sroflit autant de fois, qu'il nous présente- les objets plus grands que fi nous les regardions à la distance de 8 pouces. Par'conféquent un microfcope croflit autant de fois, que fa distance de foyer elt plus petite que 8 pouces. Donc un verre, dont la distance de foyer eft T ponce, groflit précifément 8 fois, & un verre dont la distance de foyer n'eft qu'un demipouce groflira 16 fois. On divile un pouce en 12 parties qu'on nomme hpgnes, delorte qu'un demi-pouce contient 6 lignes; de-là il fera aile de dire combien de fois chaque verre, dont la distance de foyer eft donnée en lignes, doit eroffir , felon cette table.

Distance de foyer du verre en lignes 122 : 8er es QT. lignes Groflit 8. 12. 16.24. 32. 48. 96. 192 fois. Ainfi un verre convexe, dont la distance de foyer: eft une ligne, groflit 96 fois; & fi la distance eft d'une demi-ligne, le microfcope groffira- 192 fois, ou 'environ 200 fois. Si l'on vouloit des effets plus grands, il faudroit faire des verres dont le foyer fut encore plus petit. Or j'ai déjà remarqué que pour faire un verre d'un certain foyer donné Mon n'a qu'à mettre le rayon de chaque face égale à cette distance de foyer; deforte que le verre devienne également convexe des deux côtés, Je vais donc expofer Tab. VIT. fig. \$. aux yeux de V. A. les defleins de quelques-uns de ces verres, ou microfscopes. |

D'ALLEMAGNE. 20\$ L: La distance de foyer de cerverre À O est d'un pouce soit 12 lignes. Ce microscope grossit donc-8 fois. I. La distance de foyer du verre MN est de 8 lignes. : Ce microscope grossit 12 fois. II. La distance de foyer du verre M N est de 6 lignes. Ce microscope grossit 16 fois. IV. La, distance: de foyer: de ce verre est de 4 lignes. Ce microscope grossit 24 fois. V. La distance de foyer de ce verre est de 3 lignes. Ce microscope grossit 32 fois. VI. La distance de foyer de ce verre est de 2 Hgnes.: Ce microscope grossit 48 fois. VII: La distance de foyer de ce verre n'est que d'une ligne. Ce microscope grossit 96 fois. On peut faire des microscopes beaucoup plus petits encore. Les artistes en exécutent, & nous procurent par ce moyen des effets beaucoup plus considérables, par où il faut bien remarquer, que la distance de l'objet au verre devient de plus en plus petite, puisqu'elle doit être à-peu-près égale à la distance de foyer du verre. Je dis à-peu-près, parceque chaque œil y approche le verre tant {oit peu plus ou moins? selon sa constitution; les' myopes l'approchent davantage, & les presbytes moins. V, A, voit donc , que plus l'effet est grand, plus le verre: ou le microscope devient-petit ; & plus aussi il faut approcher l'objet: ce qui est un très-grand inconvénient, puisque d'un côté il est incommode de regarder à travers un si petit verre, & d'un autre parceque l'objet doit être fixé si xl

206 LETTRES À UNE PRINCESSE' près de l'œil. + On-tâche de remédier à ces inconvéniens par une garniture convenable; qui en facilite l'usage, mais la vision de l'objet se trouble considérablement, dès que la distance de l'objet: {ouffre: le moindre changement, '& comme .dans les plus petits verres l'objet doit presque les toucher ; dès que la {surface de l'objet est tant {oit peu inégale, on ne le voit que confusément.. : Car quand les: éminences le trouvent à la juste distance, les concavités sont trop éloignées & ne fauroient être vues que trèsconfusément. : C'est ce qui nous oblige à renoncer aux microscopes simples quand: on en louhaite qui grossissent beaucoup; & de recourir aux microscopes composés. le 26 Janvier 1762: Lite TER: GCIL Y. À. vient de voir comment il faut faire des microscopes simples, qui grossissent autant de fois qu'on peut souhaiter, on n'a qu'à fixer une. ligne; droite de 8 pouces , comme celle. que. pai marqué AB * Tab. VII: fig..6. qui coritienne précilément:\$8 pouces. du: pied. du KRhin-dont on {e 4ert par-tout en :Allemagne. Alors , autant de fois que l'on veut gros* Dans l'impofibilité* de représenter ict une ligne droite, de huit pouces, on enca mis une de quatre

D'ALLEMAGNE. 207 fir objet, il faut partager cette ligne AB en autant de parties égales, dont une donnera la distance de foyer du verre demandé. Ainfi, fi lon veut groflir cent fois, la particule Ax eft la centième partie de la ligne AB, par conféquent il faut faire un verre, dont la distance de foyer foit précifement égale à cette partie À 1, qui donnera en même tems le rayon des faces du verre qui elt représenté art. VIT de la figure ci-deflus. V. A: voit par-là, que plus Peffet eft grand, plus le verre doit être petit, de même que la distance de foyer à laquelle il faut mettre l'ob: jet OP devant le verre, en'appliquant Pœil . par derrière; & fi l'on failoit le verre deux fois plus petit que je ne lai défini, pour groflir deux cent fois, il deviendrait fi petit, qu'il faudroit prefque un microfcope pour Voir'le verre lui-même; aufli faudroit-il s'approcher fi près qu'on toucheroit prefque le verre, ce qui eft un très-grand inconvénient ; comme jai déjà eu l'honneur de -Pobferver': delorte qu'on ne fauroit prefque poufler leffet du microfcope au-delà de deux cent fois; ce qui ne {ut pas pour voir les plus petites chofes que renferme la nature. L'eau la plus claire contient de petits animalcules, qui, quoi. qu'on les voye groffis 200 fois, ne laiflent pas de paroître comme des puces, & il faudroit des microfscopes qui grofliffent 20000 fois pour les voir de la grandeur d'un rat, & il s'en faut beaucoup qu'on atteigne ce degré, même avec les microfscopes compotes. | MT EL pi

208 LETTRES : A UNE PRINCESSÉ Mais outre les inconveéniens des microfopes fimples que je viens de remarquer; tous- ceux qui de fervent de ces inftrumens, {e plaignent, quand ils en exigent de- tres-grands effets, d'un autre, qui n'elt pas moins facheux , c'est que plus on groffit les objets plus ils paroiffent ob{us ; il femble qu'on les voit à la- lueur - d'une lumière très -foible, ou même au clair de la lune, deforte qu'on ne fauroit prèsque rien y diftinguer. V. À. n'en fera pas furprile, lor{. qu'elle voudra fe {ouvenir, que la lumière, de la pleine lune eft au-delà de deux cent. mille fois plus foible que celle du foleil.: Ib eft donc bien important d'expliquer d'où vient cette diminution de lumières. on. comprend aifément que, fi les rayons qui viennent d'un très-petit objet, doivent nous.le repréfenter comme s'il étoit beaucoup. plus grand, cette petite:.quantité de lumière ne! fauroit. être fuffifante : .cependant ,. quelque fondée que paroiffe- cette raifon, elle -n'est pas. valable, & ne fait que nous éblouir fur cette queftion.. Car fi le verre, en groffiflant davantage, entraîne après lui nécef. fairement une diminution de clarté, on devroit auf s'en appercevoir dans les moindres effets, à fuppofer même-que ce ne fut pas à un fi. haut degré; mais on. peut groffir jufqu'à \$0 fois ; fans appercevoir la moindre diminution de lumière, qui cependant devroit être \$0 fois plus foible, fi la raifon alléguée étoit jufte. Il faut donc chercher ailleurs la caufe de ce, phénomène

D'ALLEMAGNE. 209 nomène & il faut même remonter aux
 prets principes de la vision.. -Je prie, à cette occasion, V: rh de se rap peller
 ce que-j'ai eu l'honneur de lui dire sur l'usage de la pupille: soit de ce
 trou noir, qu'on voit dans l'œil {ur le milieu de l'iris: C'est par cette,
 ouverture: que les rayons s'entrent. dans les yeux; ainsi plus cette ouverture
 est grande, plus il entre de rayons. - Il faut considérer: ici deux, cas où les
 'objets: sont: fort-lumineux & brillants, & où ils ne sont: éclairés que d'une
 lumière fort faible.... ; Dans le premier la pupille se contracte elle-
 même; sans que notre: volonté: le commande: ; & de Créateur la: pourvût
 de cette: faculté; pour se préserver.. l'intérieur de l'œil du trop grand éclat
 de la lumière; qui, blefferoit: infailliblement les: nerfs. Toutes les: fois
 donc qu'on se trouve dans un lieu fort-éclairé, on voit. que toutes les pupil-
 les {e rétrécissent; pour. ne: laisser: entrer: dans les yeux, qu'autant de rayons
 qu'il en: faut pour: y dépeindre, une image assez: lumineuse. Mais il arrive:
 le: contraire lorsqu'on: {e: trouve dans un lieu sombre; la pupille s'agrandit
 alors pour-recevoir-la lumière en plus-grande quantité. Il est fort aisé de
 remarquer ce changement, «toutes les fois qu'on-passe d'un: lieu obscur
 dans un autre- fort: éclairé. ., Pour: le: sujet dont il s'agit ici, je me borne à
 cette circon- stance, que plus: il entre de rayons dans l'œil; plus
 l'image «portée sur: la: rétine sera: lumineuse: Le; & réciproquement; plus, la:
 quantité: de Tor. III. O

\ 210 LETTRES À UNE PRINCESSE rayons qui entrent dans
 l'œil, est petite, plus image y devient faible, & paroît par conséquent plus
 obscure. : Il peut arriver qu'il entre que fort peu de rayons dans l'œil,
 quoi qu'il soit la pupille soit bien ouverte; on n'a qu'à faire un petit trou avec
 une épingle dans une carte, & regarder quelque objet: alors, quel qu'il soit éclairé
 qu'il soit du soleil; il paroîtra d'autant plus sombre que le trou est plus
 petit, on peut même regarder le soleil à-travers. La raison: on en est
 bien évidente y puifqu'il n'entre dans l'œil que fort peu de rayons +:
 quelque ouverture que soit la pupille, c'est le trou du carton qui détermine la
 quantité de lumière qui entre dans l'œil, & non la pupille qui fait
 ordinairement cette fonction l'inverse même chose. Ta. WI. fig. 8. dans Les
 microscopes qui grossissent beaucoup, car lorsque le verre est extrêmement
 petit, il n'y passe qu'une fort petite quantité de rayons comme #17, qui étant
 plus petite que l'ouverture de la pupille; fait paroître l'objet d'autant plus
 obscur; on voit par-là que cette diminution de lumière a lieu, que
 lorsque le verre MN, ou plutôt sa partie ouverte, est plus petite que la
 pupille. S'il étoit possible de produire un grand grossissement par le moyen
 d'un verre plus grand, cet obscurcissement n'auroit pas lieu, & c'est la
 véritable explication de la question, Pour remédier à cet inconvénient, dans
 les grands effets du microscope, on tâche d'éclairer l'objet autant qu'il
 est possible, pour

D'ALLEMAGNE, Qui rendre plus fort le peu de rayons qui élt porté à l'œil. Pour cet effet, on 'éclaire les objets par le soleil même; & 'on: se fert auili de miroirs qui y renvoient la clarté du soleil, Ce font à-peu-pres toutes les circonstances à considérer: dans les microscopes simples, & V. A. jugera aisément par-là de l'effet de tous ceux qu'elle aura occasion de voir. le 30 Janvier 1762. " ET:TR Er CCI Avant que d'expliquer la construction: des -microscopes: composés, : j'espère qu'une digression sur les: lunettes : soit télescopes ne déplaira point: à :V. A. Ces deux espèces d'instrumens sont parfaitement liés ensemble: l'un sert à mieux éclaircir l'autre. : Comme les 'microscopes servent à .considérer les objets voisins, en nous-les représentant sous un 'angle' beaucoup plus grand que si nous les regardions à une certaine distance ;, comme de 8 pouces; (l'autre espèce «est destinée: à nous découvrir mieux les objets fort éloignés; en nous les représentant sous un angle plus grand: qu'à la vue simple. Ces 'instrumens- portent 'plusieurs: noms; tant : selon leur grosseur; que selon leur destination; : les plus petits sont nommés "lunettes'de-poche, d'autres plus grandes-ont:le même-nom, qu'il O2

212 LETTRES: À: UNE : PRINCESSE faut bien. distinguer-
 de lunettes ; - que: les vieil: lards'portent futile ner. Ceux dont se ferveñt les-
 astronomes; . {ont nommés tubes ; or le nom général de tous est celui de
 télescope: Ce sont donc ces instrumens.:qui nous .représentent -les objets
 fort éloignés » {ous 'un plus grand angle qu'ils ne:paraissent à! la vue
 simple; cette définition est très-juste & . ne . renferme rien :d'arbitraire,
 comme celle des microscopes, dont l'effet est rapporté arbitrairement à une
 certaine distance , qu 'on prend communément de 8 pouces Mais lorsqu' il
 s'agit d'objets fort éloignés dont la distance est trop grande pour notre vue,
 l'effet se rapporte très-naturellement à la même distance; &-un-télescope
 grossit autant de fois, qu'il-nous représente les objets sous un angle plus.
 grand.qu'a la vue-simple. : Par exemple, la lune paraît à la, vue. simple sous
 un : angle: d'un. demi-degré ; par conséquent un: télé{cope grossit 100 fois,
 lorsqu'il: nous: représente :la lune sous:un angle de! 100 degrés., qui-est 100
 fois. plus grand, qu'un.demi-degré ::s'il grossit- : 200fois,;il feroit
 voir:la lune sous un angle de'100°5:& la lune:paraîtroit alors remplir plus
 de-la moitié du ciel visible, dont toute l'étendue: n'est-que de.180:dégres.
 On dit:communément:que les télescopes: nous approchent les-objets.-ce:
 qui est une: manière -de parler fort équivoque ; qui admet deux
 significations -différentes. Une, que: voyant par un télescope, nous: jugeons.
 les objets au

D'ALLEMAGNE. 213 tant de fois plus proches de nous, qu'il les groflit. : Mais j'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à V. À. que nous ne faurions connoître les diftances des objets que par le jusement, & que ce jugement ne fauroit avoir lieu que dans les objets peu éloigtés ; 'donc, lorfqu'ils le font autant que nous le fuppofons ici, ce Jugement fur les diftances troûmperoit beaucoup. L'autre fienification, par laquelle on entend que les télescopes nous repréfentent les objets aufli grands que nous les verrions si nous en approchions davantage, eft plus conforme à la vérité. V. A fait que; plus on s'approche d'un objet, plus l'angle fous lequel il paroît, devient grand; ainfi, cette explication revient à celle que :J'ai donné au commencement. Cependant, lorfqu'on regarde des objets fort connus, comme: des hommes dans un grand éloignement , & qu'on les voit par une lunette fous un angle beaucoup plus grand ; on eft porté à :s'imaginer que ces hommes font beaucoup 'plus proches, puifqu'alors 'on les verroit effectivement fous un angle 'd'autant plus grand. Mais lorfqu'il s'agit d'objets peu connus, comme le foleil & la lune, 'aucune eftime de diftance ne peut avoir lieu. : Ce cas eft tout-à- fait différent : de celui: dont j'ai eu l'honneur de parler à VA; où un verre concave, dont' se fervent ceux qui ont la vue courte, repréfente les images des: objets à une fort petite diftance:: le verre convexe; par'exemple; dont je me fers, me repréfente 'les images: de af :

214 LETTRES: A UNE PRINCESSE tous les objets éloignés!, à la distance de 4 pouces; cependant je ne m'imagine point que le soleil, la lune. & les étoiles soient si près de moi; ainsi nous ne jugeons point que les objets soient où leurs images se trouvent: représentées par les verres: nous le croyons au peu que l'existence des objets dans nos yeux, quoique leurs images y soient peintes: & V.A. se fouviendra bien, que le jugement sur la véritable distance des objets, & sur leur véritable grandeur, dépend de circonstances toutes particulières. Le but principal des télescopes est donc de grossir ou de multiplier l'angle sous lequel les objets paroissent à la vue simple & la division principale des télescopes se calcule selon l'effet qu'ils procurent; de sorte qu'on dit que tel télescope grossit. 5 fois, un autre 10, un autre 20. ou 30 & ainsi de suite. Je remarque à cet égard que les lunettes de poche grossissent rarement au-delà de 30 fois; mais les lunettes ordinaires, dont on se sert pour examiner les objets terrestres fort éloignés, grossissent depuis 20 jusqu'à 30 fois & leur longueur monte jusqu'à 6 pieds & au-delà. Un "effet pareil, quoique très-considérable par rapport aux objets terrestres, est encore peu de chose pour les corps célestes, qui demandent un effet beaucoup plus grand... C'est pourquoi on a des lunettes astronomiques ou des tubes, qui grossissent depuis 50 jusqu'à 200 fois, & il paroît difficile d'aller plus loin, puisque; selon la méthode: TT

D'ALLEMAGNE. 21\$ nière ordinaire de-les conftruire, plus l'effet eft grand ; plus elles deviennent longues. Une lunette qui. doit groflir 100 fois a déjà 36 pieds de longueur, & une de 100 pieds peut à peine groflir 200 fois. V: A::doit donc comprendre que la difficulté de diriger & de manier de telles machines, met des obftacles infurmontables à poufler l'expérience plus loin. Le fameux Hévelius, aftronome de Dantzig , fe fervoit de tubes de 200 pieds ;,mais ces inftrumens étoient: {ans-doute: fort défectueux;, puifqu'on découvre les mêmes chofes aujourd'hui avec de beaucoup plus courts. Telle eft en gros la defcription: des téléfco: pes & de leurs diverfes efèces, qu'il eft bon de bien remarquer, avant que d'entrer dans le détail de leur :conftruction, & de la manière dont on joint deux ou plufieurs verres, pour produire tous les différens effets. le 2 Février 1762. LE T TRE : CCI V. Où ne fait pas trop à qui nous fommes re. devables de la - découverte: des telefcopes; fi c'eft à un artifan Hollandois ;, ou à un Italien nommé Porta: Quoiqu'il.en foit, il: y a près de 1\$0-ans qu'on a-commencé. à faire de pe: tites lunettes de poche, compofées de deux 0 4 au | Y|

A 216 LETTRES A! UNE' PRINCESSE verres, dont l'un étoit convexe & l'autre concave. 'Il femble que c'est au hafard feul que lon foit redevable d'une découverte fi utile. On a pu, fans aucun defflein, rapprocher ou éloigner deux verres, jufqu'à ce que les objets ont paru diftinctement. : Le verre convexe P A P: Tab. Pl. fig 9: eft dirigé vers l'objet, & c'est au verre concave Q B Q qu'on applique l'œil; c'est pourquoi le verre P A P eft nommé l'objectif & le verre Q B Q oculaire. 'Ces deux verres font difpofés fur le même axe A B, perpendiculaire fur l'un & l'autre verre, & qui paffe par le milieu. : La diftance de foyer du verre convexe P A P: doit être plus grande que celle du verre concave, & les verres doivent être difpofés de manière que, fi A F eft la diftance du foyer de l'objectif P A P; le foyer de l'oculaire Q B Q tombe dans le même point F, ainfi, l'intervalle entre les verres A B, eft la différence entre les diftances de foyer des deux verres; A F étant la diftance de foyer de l'objectif & B F celle de l'oculaire. "Quand les verres font placés, ceux qui ont la vue bonne, verront fort bien les objets éloignés, qui leur paroîtront autant de fois plus grands, que la ligne A F eft plus grande que B F. Ainfi, prenant la diftance de foyer de l'objectif de 6 pouces, & celle de l'oculaire de 1 pouce, les objets feront groffis 6 fois, ou paroîtront fous un angle fix fois plus grand qu'à la vue fimple, & dans ce cas, l'intervalle entre les verres

D'ALLEMAGNE. ? © © 217 res AB fera des pouces, ce qui:est en même tems la Jongueur de: la lunette: V. À. {ent bien, fans que je le lui dife; que ces deux verres {ont enchafles dans un tuyau dela même . . . L4 longueur, quoique je nelaye: pas exprime dans.la figure. \ o . / ., Après avoir expofé de quelle maniere les deux' verres doivent être ' joints enfemble, pour qu'il en réfulte un bon:inftrument, il y æ deux chofes que je dois faire remarquer à V. À:: Pune, pourquoi ces vertes nous repréfentent diftinétement les objets, & l'autre pourquoi ils paroiffent groffis autant de fois, que la ligne AFfurpañle la ligne BF. Par rapport à la première, il faut remarquer, qu'une bonne vue voit:mieux les objets, 'lorfqu'ils 4ont fi éloignés qu'on puifle regarder les. rayons qui tombent dans l'œil, comme parallèles :entr'eux. Confidérons: donc Tab. VIL::fig. 10. un point V dans Pobjet vers lequel eft dirigé la Junette, &'puilqu'on le fuppofe fort éloigné, les rayons qui tombent {ur l'objectif PQ, O A P Q:'feront: prefque paralleles entr'eux ; ainfi, Pobjectif QAQ'étant un verre convexe, le réunira dans fon foyer F; deforte que: ces xayons étant convergens -ne conviendroient point à une-bonne 'vue Or. le:verre concave en B;;ayant le: pouvoir dé rendre les rayons plus divergens.; ou: de: diminuer leur convergence, rompra les rayons QR & QR, enforte qu'ils deviendront paralleles:entr'eux;

A 218 LÉTTRES À UNE:PRINCESSF ou bien, au lieu de se
 réunir en F, ils prennent la route RS, RS parallèle à l'axe BEF; ainsi, une
 bonne vue, sur laquelle on se règle toujours dans la construction de ces
 instruments, en recevant ces rayons parallèles RS, BF, RS, verra
 distinctement l'objet. Les rayons RS, RS deviennent précisément parallèles
 entre eux, parce que le verre concave a son foyer, ou plutôt son point de
 dispersion, en F. V; À: doit se souvenir que, lorsque les rayons parallèles
 tombent sur un verre concave, ils deviennent divergents par la réfraction,
 en sorte qu'étant continués en arrière, ils se rendent dans le foyer. (Cela
 posé, nous n'avons qu'à renverser le cas, & regarder les rayons SR, SR,
 comme incidents sur le verre concave, alors il est certain qu'ils prendront les
 routes RQ RQ, qui, continuées en arrière, se rendent au point F, où est le
 foyer commun des verres convexe & concave... Maintenant c'est une loi
 générale que, de quelque manière que les rayons soient rompus, en allant
 d'un lieu à un autre, ils doivent toujours souffrir les mêmes réfractions, en
 retournant du dernier lieu au premier. Si donc les rayons réfractés RQ, RQ,
 répondent aux rayons incidents SR; SR; alors, réciproquement, si les rayons
 QR; QR sont les incidents; les réfractés feront RS: & RS. La chose
 deviendra peut-être plus claire encore quand Je dirai; que les verres conca

D'ALLEMAGNE. 219 ves ont le pouvoir de 'rendre paralleles ces rayons qui, fans la réfraction, {e rendoient dans leurs foyers. Ou-bien V. À. n'a qu'a bien failir les règles fuivantes fur la réfraction, tant des verres convèxes que concaves. L Par un verre convexe Tab. VII. fig. 11. les rayons paralleles deviennent convergens. Les convergens' deviennent encore plus convergens, Tab. VIII. fig. x. Or les divergens deviennent moins divergens. IL. Par un verre concave les rayons paralle. les deviennent diversens Tab. VIII. fig. 2. Les divergens deviennent encore plus divergens Tab. VIII. fig. 3. Or les convergens deviennent moins convergens. x Tout cela eft fondé fur la nature de la réfraction & de la figure des verres, dont le -détail demanderoit des difcuflions trop longues, & outre Cela, les deux règles que je viens de rappotter: en renferment l'effentiel. Il eft donc fuffifamment prouvé que, lorfque le verre convexe & le verre concave font joints de facon qu'ils acquièrent un foyer commun en F, les objets 'éloignés en feront repréfentés diftinétement, -puifque le. parallelifme entre les rayons eft rétabli par le verre concave, après que le verre convexe les a rendus convergens. Ou bien; les rayons des objets fort éloignés -étant prefqué paralleles entr'eux; de'vient convergens par les verres convèxes,

220 LETTRES À UNE PRINCESSE & enfuite le verre concave détruit cette convergence, & rend les rayons de nouveau parallèles. entr'eux. le 6 Février 1762. LE T:TiR: Er GGV: TL me refte encore à faire voir à V. A. Particle principal fur les lunettes; c'est celui qui regarde leur effet, en grofliffant les objets. J'efpère de le. mettre dans un tel jour, que toute efpece de doute fera diffipé : pour . cet effet, je renfermerai ce que.j'ai à dire dans les propofitions fuivantes. I, Soit Ee l'objet fitue fur l'axe de la lunette Tab. VIII. fig. 4. qui traverse les deux verres. perpendiculairement par. leurs. milieux. Or il faut. confidérer cet objet Ee comme infiniment éloigné. IL. Si donc l'œil placé, en À regarde cet, objet, il le verra fous l'angle FAe; nommé fon angle vifuel. . Ainfi il faut prouver: qu'en regardant ce même objet par la lunette, il paroîtra fous un plus grand angle, & éxatement autant de, fois plus grand que la -diftance. de foyer .du verre objectit P AP furpañle celle de l'oculaire QBQ. III. Comme l'effet, de tous les verres confifte

D'ALLEMAGNE. 221 à représenter les objets dans un autre lieu, & avec une certaine grandeur, nous n'avons qu'à examiner les images, qui feront successivement représentées par les deux verres, dont la dernière est l'objet immédiat de la vue de celui qui regarde dans la lunette. IV. Or l'objet étant infiniment éloigné du verre convexe PAP, son image sera représentée derrière le verre en FF, de sorte que AF soit égal à la distance de foyer du verre ; & la grandeur de cette image Ff est déterminée par la ligne droite se tirée de l'extrémité de l'objet e par le milieu du verre A, par où l'on voit que cette image est renversée, & autant de fois plus petite que : l'objet, que la distance AF est plus petite que la distance AE. V. Maintenant, cette image Ff tient lieu de l'objet, par rapport au verre oculaire QBQ : puisque les rayons qui tombent sur ce verre {ont ceux mêmes qui voudroient presque former l'image EFF, mais sont interceptés dans leur route par le verre concave QBQ : de sorte que cette image n'est qu'une image imaginaire; l'effet est cependant le même que si elle étoit réelle. VI. Cette image Ff; que nous regardons à présent comme un objet, se trouvant à la distance de foyer du verre QBQ ; {est transportée presque à l'infini par la réfraction de ce Verre. La figure précédente marque

222 LETTRES : A UNE PRINCESSE cette nouvelle image en :
 Gg, dont la dif. tance AG doit être conçue comme infinie, + &. les rayons
 réfractés- pour la feconde fois par le verre QBQ ;, tiendront la même route,
 comme s'ils venoient eReOymEnt de . Pimage Gp. VIL. Cette feconde
 image Gf étant donc l'objet de celui qui regardé par la lunette, on en. doit
 confidérer 'la grandeur. Pour cet effet, puifqu'elle naît de la première image
 Ff par la réfraction du verre QBQ\; fuivant la rèole générale, on n'a
 qu'a:tirer par le milieu du verre B une hgne droite, .qui.pañle par f de la
 première image, & la bgne marquera en g Pextrèmité de la econN, de
 image. VIIL. Que le fpeétateur tienne à prefent fôn œil en B; & puifque les
 rayons qu'il recoit tiennent la même route, comme s'ils venoient
 effectivement de d'image Gz,-elle lui paroïtra fous Vangle-GBg, qui ft
 vifiblement plus grand que Pangle EAe, fous lequel l'objet E e: paroît à la
 vue fimple. IX. Pour mieux comparer ces deux angles ; il eft d'abord clair-
 que Pangle EAe ef égal à l'angle FAf qui-luiseft oppofe par la pointe ; de la
 même manière l'angle GBgeft égal à | l'angle FBf, puilqu'ils font oppofés
 par la : pointe 'en B- * Il s'agit donc deprouver : que lapzié FBf furpale
 angle FAf;"autant de féis que la: ligne. À'F : furpañle: la: ligne BF, dont
 celle AF eft la diftance de: fo

D'ALLEMAGNE. 1: 223 'ver de l'objectif, & celle-ci BF Ja
 difance de foyer de l'oculaire. X. Pour prouver cela, il faut recourir à
 certaines propofitions tirées de 'la: géométrie fur la nature des fecteurs.
 V:A.fe fouviendra qu'un fecteur eft une partie de cercle, renfermée entre
 deux rayons. CM & CN, eft un arc ou portion .de Ja circonference MN.:°
 Ainfi, dans un {éteur, il y a trois chofes à confidérer, 1°. le rayon du cercle
 CM ou CN ; 2°. la quantité de Parc MN ; & 3°. l'angle MON: XIE
 Confidérons maintenant: Tabi: VIII. fig... deux fecteurs MCN & cn dont les
 rayons CM: & cm Âoient égaux entr'eux , @& il eft prouvé dans les
 élémens de béoriètrié; que les angles'C:& c tiennent entr'eux le même
 rapport, -que: les arcs MN & #n;, où bien Pangle € eft autant de fois plus
 grand que Vangle.c, que l'arc MN eft plus grand que Parc mn: mais au lieu
 de cette façon de parler peu commode; on fe fert de celle-ci, les anglesiC'
 &:c {ont proportionnelsaux arcs MN :& mn; lorfque les rayons font égaux.
 XII. Confidérons auffi Tab. VIII: fig. 6. deux - Leteurs MON &:7»" ch;
 dont les angles C & c {vient 'égaux entr'eux, mais les rayons inégaux ; & il
 eft prouvé: das là géométrie, que l'arc MN eft 'autant de fois plus grand que
 larc#, que le rayon CM ef' plus grand que c3; ou bien on dit, que les arcs
 {ont proportionels aux rayons, lorfque-les

L 224 LETTRES A UNE PRINCESSE angles font égaux. La
 raïfon en-est. évidente, puisqu'il faut que chaque arc corrépond à un angle de même grandeur. Or, si l'on considère un grand cercle, les arcs plus grands que ceux d'un petit, sont dans la même raison que les angles qu'ils contiennent. XII
 Considérons enfin ; aussi le Cas ; . Tab. VIII. fig. :7. où dans les deux -
 secteurs MON & son des arcs. {ont égaux : entr'eux favor MN — wun: &
 les rayons CM & cr inCgaux. 15 Alors l'angle re qui répond. au grand rayon
 CM: est plus petit ; @: l'angle c qui répond au -petit rayon cz plus grand,
 & ce: l'un dans le même rapport que les rayons. Ou bien l'angle-c, est autant
 de fois plus grand que l'angle :C, que le rayon :CM: est plus grand
 que le rayon &# : ou bien, . pour parer en géomètre, les angles ont
 réciproquement proportionnels aux rayons , -lorsque les arcs {ont égaux.
 XIV. Cette dernière considération me conduira à mon but ;
 en y ajoutant cette réflexion, -quelorsque les angles {ont fort petits
 comme cela arrive dans les lunettes de poche, X' alors les arcs MN & #11
 ne diffèrent pas sensiblement de leurs cordes, Pour des lignes droites MN
 & sors. à XV: Cela remarqué: retournons! à la fig.:4. :Tab: VIII.; les-
 triangles FAF.-FBF peu-vent être considérés comme des secteurs, où l'arc
 F est le même: de: part. & d'autre. Par

D'ALLEMAGNE. Ev 0254 Pär-conféquent-Panglè:..FBf furpañlé
 âütant de fois l'angie F Af que la diftance AF fur: pafle la diftance. BF;: :
 Ou bien l'objet Ee paroitra dans Ja lunette Tous ur angle autant de fois plus
 grand, que la diftance dé foyer de l'objectif AF, furpañle la diftarice de foyer
 de l'oculaire BF, ce qu'il falloir démontrer: lea Fevrier 1762: L, ET T RE:
 GGVL a? .. À: comprend aifément qu'on ñe fauroit. prétendre de trop
 grands avantages de ces petites lunettes, & j'ai déjà: remarqué qu'elles ne
 grofifent les-objets que de 10 fois. Si on vouloit poufler leur force plus loin;
 non -f{eules ment la longueur en déviendroit trop grande pour pouvoir les
 porter dans la:poché; mais il y auroit encore d'autres défauts plus effentiels
 ; auxquels elles feroient fujettes ; cé qui a obligé les ärtiftes dé renoncer
 tout-a-fait à cette efpe: ce de lunettes, des qu'on demande de plus grands
 effets. | Le principal de ces défauts conifilté dans la petitefle du champ
 apparent; ce qui me conduit à expliquer à V: À: cet article important -qui
 regarde toutesles lunettes. Quand on ditige un télefcope ou une lunette vers
 le ciel; Qu vers d'autres objets fort éloignés fur la terTom. LIL P tel 14

Zee LITE A 226 LETTRES À UNE PRINCESSE re, l'espace qu'on découvre paroît sous la fure d'un cercle, & on ne voit que les objets qui se trouvent dans cet espace; de sorte que si l'on veut voir d'autres objets, il faut changer la position de l'instrument. Cet espace circulaire, qui se présente aux spectateurs, est nommé le champ apparent, ou simplement le champ de l'instrument : & V. A. conviendra aisément, que c'est un grand avantage, lorsque ce champ est fort grand, & qu'un très-petit champ est au contraire un grand défaut dans ces sortes d'instrumens. Considérons deux lunettes, qu'on ait dirigées vers la lune, & que par l'une on n'en découvre que la moitié, pendant que par l'autre on la voit toute entière avec les étoiles voisines; le champ de celle-ci est donc beaucoup plus grand que celui de celle-là; Celle qui présente un plus grand champ nous dit: pende, non-seulement de l'embarras de changer si souvent de position, mais fait jouir d'un avantage très-grand, celui de pouvoir comparer, en les voyant en même tems, plusieurs parties de l'objet entr'elles. C'est donc une des plus grandes perfections d'une lunette ou d'un télescope lorsqu'il donne un plus grand champ; il est donc très-intéressant de mesurer le champ de tous ces instrumens. Dans cette vue on se règle sur le ciel, & on détermine l'espace circulaire qu'on voit à travers une lunette, en mesurant le diamètre en degrés & minutes; ainsi, comme le diamètre apparent de la pleine lune est environ

D'ALLEMAGNE: 227 d'un demi degré, si une lunette ou un télescope ne découvre que la lune, on dit que le diamètre de son champ est d'un demi degré: si l'on ne voyoit à la fois que le quart de la lune; le diamètre du champ feroit un quart de degré. La mesure des angles nous fournit donc le moyen de mesurer le champ apparent, & la chose est d'ailleurs claire d'elle-même. Supposons dans la fig. 8. Tab. VIII. qu'on ne voye par l'instrument A B que l'Épave POP, & les objets qui y sont contenus. Cet espace étant un cercle, son diamètre fera sur la ligne POP dont le milieu O se trouve dans l'axe de l'instrument. Tirant donc des extrémités P P les lignes droites P C, PC, l'angle P CP exprime le diamètre du champ apparent & la moitié de cet angle O CP, est nommée le demi-diamètre du champ apparent: V. À, comprendra donc parfaitement ce qu'on doit entendre, lorsqu'on dit que le diamètre du champ apparent d'un tel instrument est d'un degré, que celui d'un autre est de 2 degrés &c. ou bien en le marquant par minutes, de 30 minutes, qui font un demi degré, ou de 15 minutes, qui font un quart de degré. Mais pour bien juger du mérite d'une lunette ou d'un télescope, par rapport au champ apparent, il faut aussi avoir égard au grossissement de l'instrument, où cette maxime a généralement lieu, que plus un télescope ou une lunette grossit, plus le champ apparent doit nécessairement être petit; ce sont des bornes que P 4

2 mn \ 228 LETTRES A UNE PRINCESSE la nature même
 prescrit Concevons un instrument femblable qui grossit 100 fois; il est
 évident que le diamètre du champ ne fauroit être que de 2 degrés: car
 puisque cet espace nous paroîtroit 100 fois plus grand, il ressembleroit à un
 espace de 200 degrés, & plus grand par conséquent que le ciel entier qui,
 d'un bout à l'autre, ne contient que 180 degrés, & dont nous ne pourrions
 découvrir à la fois que la moitié tout au plus, ou bien un espace circulaire de
 90 degrés en diamètre : par-là V. A. voit qu'un télescope qui grossit 100 fois,
 ne fauroit même nous découvrir un champ d'un degré : vu que ce degré
 multiplié 100 fois feroit plus que 90 degrés, & qu'une lunette qui
 grossit 100 fois, feroit excellent si le RAR de son champ étoit d'un peu
 moins que d'un degré: & la nature même de l'instrument ne souffre pas un
 effet plus grand. Mais une autre lunette Lit télescope, qui ne grossiroit que
 10 fois, feroit bien défectueux il ne découvroit qu'un champ d'un degré en
 diamètre ; puisque ce champ multiplié 10 fois, ne ressembleroit qu'à un
 espace de 10 degrés du ciel, ce qui feroit bien peu de chose, & Dénier trop
 notre vue: nous aurions bien raison de rejeter tout-à-fait cet instrument; il
 fera donc fort aisé, par rapport au champ apparent; de juger de l'excellence
 ou du défaut de ces sortes d'instrumens, quand on a égard à leur effet. Ainsi,
 lorsqu'il ne grossit que 10 fois, on peut bien conjecturer, qu'il découvre en

D'ALLEMAGNE: 229 un champ de 9 degrés, puisque 9 degrés pris 10 fois font 90 degrés ; que notre vue est Capable d'embrasser, & si le diamètre de son champ n'étoit que de 4 degrés ou encore plus petit, ce feroit toujours un instrument fort défectueux. J'aurai l'honneur de prouver à V. À. que si l'on vouloit faire des lunettes de l'espèce dont j'ai donné la description, qui grossiroient plus de 10 fois, elles auroient ce défaut, leur champ apparent multiplié par le grossissement feroit fort au-dessous de 90 degrés, & ne montreroit pas même la moitié. Mais pour de moindres effets, ce défaut n'est pas si sensible, car si une telle lunette ne grossit que 2 fois, le diamètre de son champ est environ de 4 degrés qui grossi 2 fois, remplit à un espace de 8 degrés, dont on veut bien être content: mais si l'on vouloit grossir 25 fois, le diamètre du champ ne feroit que d'un demi degré, qui pris 25 fois, ne donneroit que 12 degrés, ce qui feroit trop peu. C'est pourquoi, quand on veut grossir beaucoup, il faut Établir d'autres arrangements de verres que je prendrai la Liberté d'expliquer dans la suite. le 13 Février 1762. ra

A 230 LETTRES À UNE PRINCESSE L'EST TER ER COVIET:

LE jugement sur le champ apparent étant de la plus grande importance dans la construction des télescopes & des lunettes, j'en vais faire application aux petites lunettes sur lesquelles j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir V. A. Dans fig. 4. Tab, VIII. le verre PAP est l'objectif, QPQ oculaire & la droite EF l'axe de la lunette, sur lequel à une distance très-grande se trouve l'objet Ee, vu par l'instrument sous l'angle E À e qui représente le demi-diamètre du champ apparent, puisqu'il s'étend autant de l'autre côté en bas. Le point E est donc le centre de l'espace vu par la lunette, dont le rayon EA, puisqu'il traverse perpendiculairement les deux verres, ne souffre aucune réfraction; & ainsi pour que ce rayon entre dans l'œil, il faut fixer l'œil quelque part sur l'axe de la lunette BF, derrière l'oculaire, en sorte que le centre de la prunelle se trouve dans la ligne BF, ce qui est une règle générale pour toutes les lunettes. Considérons à présent l'extrémité visible de l'objet e, dont les rayons remplissent exactement toute l'ouverture du verre objectif PAP, mais il suffira de n'en considérer que le rayon E À, qui passe par le milieu de l'objectif À, puisque les autres rayons l'entourent & ne font presque que renforcer ce rayon, en sorte que s'il entre dans l'œil,

D'ALLEMAGNE. 237 les autres, ou au moins une bonne partie y entrent auf, & fi ce rayon n'entre point dans l'œil, quoique peut-être quelques-uns des autres y entrent, ils font trop foibles pour exciter dans l'œil une impreffion aflez vive. Et ainfi nous pourrons fixer cette règle, que l'extrémité e de l'objet n'est vue, qu'entant que le rayon e A, après avoir paifé les deux verres, entre dans l'œil. Tout bien confidéré, il faut donc examiner avec foin la route de ce rayon eA. Or puifque ce rayon pañle par le milieu de Pobjectif A, il n'y fouffre aucune réfraction ; conformément à la règle établie au commencement, que les rayons qui pañlent par le milieu d'un verre quelconque, ne {ont pas détournés de leur route, ou ne fouffrent point de réfraction. Donc ce rayon e A après avoir pañle par l'objectif, continueroit la même route pour fe réunir avec les autres rayons fortis du même point, au point f de l'image représentée par l'objedif en Ff, le point f étant l'image du point e de l'objet: mais le rayon rencontrant en # le verre concave hors de fon milieu, fera détourné de cette route & au lieu d'aboutir en f il prendra {a route en #7 plus divergent de l'axe BF, comme c'est l'effet naturel des verres concaves de rendre les rayons toujours plus divergens. Pour connoître cette nouvelle route #17, que V. À. veuille bien fe fouvenir, que le verre objedif reprélente l'objet Ee dans une fituation renverfée en Ff, deforte qué AF est égale à la dif P'4

— he ut. . tienne = — PS 232 LETTRES À UNE PRINCESSE

tance du foyer de ce verré; qui tranfporte l'ob. jet Ee en Ff. Alors cette image Ff tient lieu de l'objet à l'égard du verre oculaire QBQ, qui, à {on tour, le tranfporte de nouveau en Gg, dont la diftance BG doit'être aufli grande que celle de Pobjet même; & pour cet ef, fet, il eft néceffaire de placer l'oculaire de forte que l'intervalle BF {oit égal à {a diftance du foyer. Pour la grandeur de ces images, la premie. re'R fret déterminée par la droite 'e À f, tirée de e par le milieu À du premier verre; & lautre Gg par la droite fBg, tirée du point f par le milieu B du fecond verre. Cela maïrqUE , le rayon À dirigé vers le point f eft réfradé & fort en mn: & cette ligne ## étant conti: nuée en arrière, pañle par le point g, puifque ce rayon ## produit dans l'œil le même effet que s'il venoit effectivement du point g. Main. tenant, comme cette ligne #71# s'eloigne de plus: en-plus de l'axe BF ; où le centre de la pupille fe trouve, le rayon ## ne fauroit entrer dans l'œil, qu'entant que l'ouverture de la pupille s'étend juiques - là; & fi l'ouverture de la pupille étoit réduite en rien, le rayon #7 feroiït exclus de l'œil, & ainfi le point e de l'objet ne fauroit être vu de l'œil, ni même aucun autre point de l'objet hors de l'axe AE: il n'y auroit donc point de champ'apparent, & l'œil ne verroit par cette lunette. que le feul point E de Pobjet, qui fe trouve dans fon axe. Il eft donc clair que cette efpèce. de lunette ne découvre

D'ALLEMAGNE. 233 un champ, qu'autant que la pupille est ouverte, enforte que, plus l'ouverture de la pupille est grande ou petite, plus aussi le champ apparent fera grand ou petit. Dans ce cas, le point e sera donc encore visible à l'œil, si le petit intervalle Bw n'excède point la demi-largeur de la pupille, ou bien son demi-diamètre, afin que le rayon #7 puisse y entrer ; mais aussi dans ce cas, il faut approcher l'œil du verre oculaire autant qu'on le peut: car puisque le rayon #17 s'éloigne de l'axe FB , il échapperoit à la pupille, dans un plus grand éloignement. Maintenant il est aisé de déterminer le champ apparent que ces lunettes nous découvrent sur le verre oculaire: on n'a qu'à prendre l'interalle $B\#$ égal à la demi-largeur de la pupille, & tirer par ce point # & le milieu du verre objectif A la ligne droite #7 Ae , alors cette ligne marquera sur l'objet l'extrémité e qui sera encore visible par la lunette, & l'angle $E A e$ donnera le demi-diamètre du champ apparent. Par là $V. A.$ jugera aisément que, dès que la distance des verres $A B$ surpasse de quelques pouces, l'angle $B A 7$ doit devenir très-petit, puisque la ligne ou distance Br n'est qu'environ la vingtième partie d'un pouce. Or si l'on vouloit grossir beaucoup, il faudroit que la distance des verres devint très - considérable, & il en résulteroit que le champ apparent deviendroit infiniment petit. C'est donc la nature des yeux qui met des bornes à cette espèce de lu

PRES —_ mot hosmentsisree 234 LETTRES À UNE
 PRINCESSE nettes, & qui nous oblige de recourir à d'autres especes, dès
 qu'on fouhaite des effets considérables. le 16 Fevrier 1762. LETTRE
 CCVITIT Lan paflant à la feconde espèce de lunettes, qu'on appelle
 lunettes aftronomiques, & quelquefois tubes, je remarque que ces
 inftrumens ne font compofes que de deux verres , comme ceux de la
 première espèce ; mais ici, au lieu de l'oculaire concave, on fe fert d'un
 convexe. Je commencerai donc à donner à V. À. une idee de la conftruction
 de ces lunettes aftronomiques. L'objectif P AP dans la fig. 9. Tab. VIII. eft
 comme dans les autres, un verre convexe, dont le foyer étant en F, on fixe
 fur le même axe un plus petit verre convexe QQ, deforte que Ton foyer
 tombe dans le même point F. Tenant alors l'œil en O, deforte que la diftance
 BO foit à-peu-pres égale à la diftance de foyer de loculaire QQ, on verra les
 objets diftinctement, & groflis autant de fois que la diftance de foyer de
 Pobjectif AF furpañlera celle de loculaire BF; mais ce qu'il y a à remarquer,
 c'eft que tous les objets paroiffent dans une fiES renverdée, deforte que fi
 l'on dirige ces tubes vers les mailons, on voit les toits en bas,

D'ALLEMAGNE. 23\$ & le pavé en haut. Comme cette circonstance n'est point agréable pour les objets terrestres, que nous ne pourrions voir renversés, la face de ces instrumens est bornée aux objets célestes, qu'il nous est fort indifférent de voir dans un sens ou dans un autre; il suffit à l'astronome de savoir que ce qu'il voit en haut se trouve réellement en bas, & réciproquement. Cependant, rien n'empêche qu'on ne se serve aussi de ces lunettes pour les objets terrestres, & on s'accoutume bientôt à voir les objets renversés, pourvu qu'ils paroissent distinctement, & fort grossis. Après cette description, je dois prouver trois choses; la première, que par cet arrangement des verres, les objets doivent paroître distinctement; la seconde, qu'ils doivent paroître grossis autant de fois que la distance de foyer de l'objectif surpasse celle de l'oculaire, & cela dans une situation renversée; la troisième enfin, qu'on ne doit pas appliquer l'œil immédiatement contre le verre oculaire, comme dans la première espèce, mais qu'il faut l'éloigner à-peu-pres à la distance de foyer de l'oculaire.

1. Pour le premier article, la chose se prouve de la même manière que dans le premier cas: les rayons eP , eP , qui sont parallèles entr'eux avant que d'entrer dans le verre objectif, se réunissent par la réfraction dans le foyer de ce verre en F , ainsi, il faut que le verre oculaire rétablisse le parallélisme entre ces rayons,

A in a S - en 20. 236 LETTRES À UNE PRINCESSE attendu que la vision distincte exige que les rayons, partis de chaque point, soient à-peu-près parallèles entr'eux, lorsqu'ils entrent dans l'œil. Or le verre oculaire, ayant son foyer en F, est placé de sorte qu'il rend les rayons FM, FM, par la réfraction, parallèles entr'eux; & conséquemment l'œil recevra les rayons No, No, parallèles entr'eux. 2. Pour le second article, considérons l'objet en Ee, Tab. VIII. fig. 10. mais en sorte que la distance E À soit presque infinie. L'image de cet objet représentée par le verre objectif fera donc Ff, située à la distance de foyer de ce verre À F, & déterminée par la droite eAf, tirée par le milieu du verre. Cette image Ff qui est renversée, tient lieu d'objet par rapport au verre oculaire, & puisqu'elle se trouve dans son foyer, la seconde image fera de nouveau éloignée à l'infini par la réfraction de ce verre, & tombera par exemple en Gg, la distance AG devant être conçue comme infinie, de même que ÀE. : Or pour déterminer la grandeur de cette image, on n'a qu'à pe par le milieu B du verre, & l'extrémité f, la droite Bfs. Maintenant cette seconde image Gg étant l'objet immédiat de la vision de celui qui regarde dans la lunette, il est dû à cette représentation est renversée; & puisqu'elle est infiniment éloignée; elle paraîtra sous un DE GBzg. Mais l'objet lui-même Ee paraîtra à la vue simple sous l'angle EÂ +, où V. À. comprend, sans que je Pavertisse, qu'il est indifférent

D'ALLEMAGNE. 23 ant | rent de prendre les points À & B, pour avoir les angles visuels E A e & GBg, à cause de l'éloignement infini de l'objet. A présent V. A, voit ici, comme dans le cas précédent, que les triangles F A f & FBf peuvent être regardés comme des secteurs circulaires, la ligne F étant l'arc de Lun & de l'autre, puisque les angles mêmes sont si petits, qu'on ne se trompe pas. Rébée en prenant la corde pour les a. Puis donc que les rayons d re = F le. ces deux font les lignes AË & BF, les arcs étant égaux. Eut' eux, il s'enfuit, de ce que j'ai prouvé ci-dessus fort amplement > QUE (és angles FA ca bien FAe) & FBf (oubien GBzg) tiennent entr'eux le même rapport que les rayons BF & AF. Donc l'angle GBg, sous lequel on voit l'objet par la lunette, est autant de fois plus grand que l'angle E A e sous lequel on voit l'objet à la vue simple, autant de fois que la ligne À F surpasse la ligne BF; & c'est la démonstration de mon second article. Je suis obligé de remettre celle du troisième à l'ordinaire prochain. le 20 Février 1762. SERVER C LINEAR EEE RSR CCIES Pour m'acquitter par rapport au troisième article, sur les lunettes astronomiques, qui ne garde le lieu de l'œil derrière la lunette, je

ee _ sn cr, z > Fr \ 23 LETTRES A UNE PRINCESSÈ remarque
 que cet article est le plus étroitement lié avec le champ apparent, & que
 c'est précisément le champ qui nous oblige de tenir l'œil dans le lieu
 marqué, de sorte que si on l'approchoit ou l'éloignoit davantage, on ne
 découvreroit plus un si grand champ. L'étendue du champ étant un article si
 essentiel & si important pour toutes les lunettes, il est également important
 de bien fixer l'endroit de l'œil, d'où il découvre le plus grand champ. Si on
 appliquoit l'œil immédiatement au verre oculaire, on auroit à-peu-près, le
 même champ qu'on a dans les lorgnettes, & qui devient d'une petite fê-
 lée insupportable, dès que le grossissement est considérable. C'est donc un grand
 avantage pour les lunettes astronomiques, qu'en éloignant l'œil du verre
 oculaire, le champ apparent augmente jusqu'à un certain point, & c'est
 précisément la raison qui rend ces lunettes susceptibles de plus grands
 grossissements, pendant que celles de la première espèce ont été très-bornées
 à cet égard. V. À. a déjà appris qu'avec ces lunettes, on poule le
 grossissement au - delà de 200 fois, ce qui leur donne une préférence
 infinie sur celles de la première espèce, qui pourroient à peine grossir 10
 fois; & le petit inconvénient de la situation renversée doit s'évanouir tout-a-
 fait, par rapport à ce grand avantage. Je tâcherai donc d'expliquer à V. À.
 cet important article aussi clairement qu'il me sera possible, & mes
 éclaircissements précédents sur

D'ALLEMAGNE. 239 Le champ apparent, ne manqueront pas de m'être d'un très-grand secours, 1. L'objet Ee Tab. VIII. fig. 11. étant infiniment éloigné, soit son extrémité encore visible par la lunette, dont les verres sont PAP & QBQ, disposés sur le commun axe EABO & il s'agit de bien considérer la route que tiendra le seul rayon qui passe de l'extrémité de l'objet et par le milieu A du verre objectif. V. A. se suivra encore que les autres rayons qui tombent du point et sur le verre objectif, ne font qu'accompagner & renforcer le rayon proposé eA, qui est le principal par rapport à la vision. 2. Or ce rayon eA passant par le milieu du verre PP ne souffrira aucune inflexion, mais continuera sa route en ligne droite AfM, & passant par l'extrémité de l'image Ff, atteindra l'oculaire au point M, où il est bon d'observer que, si la grandeur du verre oculaire ne s'étendait point jusqu'à M, ce rayon ne parviendrait jamais à l'œil, & le point e serait invisible. C'est-à-dire, il faudrait prendre l'extrémité et plus proche de l'axe, pour que le rayon A fM rencontrât encore le verre oculaire. 3. Maintenant ce rayon AM sera rompu, ou réfracté, par le verre oculaire, d'une manière qu'il n'est pas difficile de découvrir. Nous n'avons qu'à considérer la seconde image Gg, quoiqu'elle soit éloignée à l'infini, il suffit de savoir que la droite Bf prolongée,

240 LETTRES À UNE PRINCESSE parle par l'extrémité g de la seconde image Gr, qui est l'objet immédiat de la vue. Cela remarqué, il faut que le rayon rompu prenne la route NO qui étant prolongée passe par le point pg. 4. Puis donc que les deux lignes ON & Bf concourent à l'infini en: ∞ , elles feront parallèles entr'elles, d'où nous tirons une méthode plus facile pour déterminer la position du rayon rompu NO; on n'a qu'à le tirer parallèle à la ligne B f. 5. De-là il est très-evident que le rayon NO concourt quelque part avec l'axe de la lunette en O, & puisqu'ordinairement, lorsque le grossissement est grand, le point F est beaucoup plus proche du verre Q Q que du verre PP, l'intervalle BM fera tant soit peu plus grand que l'image Ff; & puisque la ligne NO est parallèle à fB, la ligne BO fera presque égale à BF, c'est-à-dire, à la distance de foyer du verre oculaire. 6. Si donc l'on tient l'œil en ©, il recevra non-seulement les rayons qui viennent du milieu de l'objet E, mais aussi ceux qui viennent de l'extrémité e, & par conséquent aussi ceux qui partent de tous les points de l'objet, l'œil recevrait même à la fois les rayons BO & NO, quand même la pupille ferait infiniment rétrécie. Dans ce cas donc, le champ apparent ne dépend point de l'ouverture de la pupille, pourvu que l'œil soit placé en O; mais

"il D'ALLEMAGNE. Bai ais dès quil s'en éloigne. il doit pérdre confidérablement dans le chimp apparent. 7. Si: le point M w'étoit pas à l'extrèmité du verre oculaire; il tranñfmettroit des rayons enñcore plus éloignés de Paxé, ainfi la lunette découvreroit un plus grand champ. Donc pour déterminer le vrai champ apparent qué la lunetté eft capable de découvrir; qu'on tire du milieu A du verre objectif vers l'extrémité du verre oculaire M, la ligne droite A M; qui continuée à l'objet y marquera en é l'extrèmi: té, vifible ; nt den ete Panglé EAe où bien BAM donné le demi-diamète 'du Champ. apparent qui eft par conféquent d'autant plus orand, qué l'étendue du verte oculaire elt plus grande, 8. Donc, commé dans la première efpèce, le champ apparent dépendoïit uniquement de l'ouverture de la pupille; ainifi, dans ce cas, il dépend uniquement de l'ouverture du verré oculaire, ce qui mét une diférence très-eflentiellé entré ces deux efpèces, à l'avantage de la dernière. La fieure que j'a ciployée à la démonitration de cet artiéle {ur le liéu de l'œil & le champ apparent, eft aufli tres-pro: pre à éclaircir davantage les précédens. Quand V. À. vèut bien confidérer que le verre objectif tranfporte l'objet Ee en Ff, & que le verre oculaire lé tranfpürte de Ef er Gzg; cetté imagé Gg étant fort cloignée de l'objet immédiat de la vue, doit ètre vue diftinétémert, puilqu'un bon œil demande une Tom. IIL. Q

mana 242 LETTRES À UNE PRINCESSE grande distance pour
 voir ainsi; ce qui étoit® le premier article. = Pour le second article il est
 d'abord évident que, puisqu'au lieu du vrai objet Ee on voit par la lunette
 l'image G g, elle sera renversée. Ensuite cette image est vue de l'œil placé
 en O sous l'angle GOg, ou BON, pendant que l'objet même Ee paroîtra à
 la vue simple sous l'angle EAe; donc la lunette grossit autant de fois que
 l'angle BON est plus grand que l'angle EAe. Or puisque la ligne NO est
 parallèle à Bf, l'angle BON est égal à l'angle FBf, & l'angle EAe est égal à l'angle
 FAF, d'où le grossissement doit être jugé, du rapport
 entre les angles FBf & FAF, dont celui-là est autant de fois plus grand que
 celui-ci que la ligne AF, ou la distance du foyer de l'objectif, surpasse la
 ligne BF, ou la distance du foyer de l'oculaire. Ce qui est une preuve
 suffisante que les élémens de géométrie peuvent être employés à des
 recherches d'une nature tout-à-fait différente, ce que V. A. reconnoîtra avec
 bien de la satisfaction. le 23 Février 1762.

D'ALLEMAGNE. 243 SN RTE NE EST ER EL CCX: VA
 AINTENANT V. À. connoîtra, non-seulement combien de fois sroilit une
 lunette propofée, mais la coultruction des lunettes qui erofliflent autant de
 fois qu'on veut. Dans le premier Cas on n'a qu'à mefurer la diftance du
 foyer tant du verre objectif, que de l'oculaire, pour voir combien de fois
 l'une furpaffe l'autre, ce qui le fait par la divifion, & le quotient marque le
 grofliflement. = Ayant donc une lunette dont la diftance de foyer de
 l'objectif elt de deux pieds, & celle de l'oculaire d'un pouce; il faut voir
 combien de fois un pouce elt contenu en deux pieds. Il faut déjà favoir
 qu'un pied contient 12 pouces , & qu'ainfi deux pieds en font 24, qu'il faut
 divifer par un. Or, quelque nombre qu'on divife par un, le quotient lui eft
 toujours égal, ou fi l'on demande combien un pouce elt contenu en 24
 pouces, oil répond fans balancer 24 fois; par conféquent la lunette en
 queftion groflit 24 fois, c'eft-à-dire, nous reprélente Îles objets cloignés: de
 hf même manière, que s'ils étoient 24 fois plus grands qu'ils ne le font; ou
 bien, onlés verra par la lunette {ous un angle 24 fois plus grand qu'a la vue
 fimple. Confidérons -une autre lunette aftronomique, dont la diftance de
 foyer du verre obQ%2

244 LETTRES À UNE: PRINCESSE jectif est de-32 pieds & celle de l'oculaire de 3 pouces, & V. À. verra que ces deux verres doivent être éloignés l'un de l'autre de 32 pieds & 3 pouces, attendu que, dans toutes les : lunettes ..astronomiques, la:-distance -entre les-verres est égale 4 la somme: des: deux distances de foyer des verres, comme il est clair par ma lettre précédente. Pour trouver à présent combien de fois cette lunette grossit, il faut diviser 32 pieds par 3. pouces, & pour cet effet, convertir ces 32, pieds en pouces, en les multipliant par 12 32 pieds ce qui donnera 384:pouces ensuite, on divisera ces:384 pouces par 3 3 ———"- 384 128 & le quotient 128 marque que la lunette proposée grossit 128 fois, ce qui est sans-doute un grossissement très-considérable. Réciproquement donc, pour construire une lunette qui grossisse un nombre donné de fois, par exemple 100 fois; il faut employer: deux verres convexes, dont la distance de foyer de l'un soit 190 fois plus grande que celle de l'autre;. alors l'un donnera l'objectif & l'autre

D'ALLEMAGNE: 245\$ oculaire. Il faut ensuite disposer ces deux verres sur un même axe, en sorte que leur distance soit égale à la somme des deux distances de foyer; ou bien on les fixe dans un tuyau de cette longueur, & alors, l'œil étant derrière l'oculaire, à la distance de son foyer, verra les objets 100 fois plus grands. On pourra donc remplir cette condition d'une infinité de manières différentes en prenant un verre oculaire à volonté; & le joignant avec un objectif dont la distance de foyer soit 100 fois plus grande. Ainsi prenant l'oculaire d'un pouce de foyer, l'objectif doit être de 100 pouces de foyer, & la distance des verres 101 pouces. : Or en prenant l'oculaire de 2 pouces de foyer, l'objectif doit avoir le sien à la distance de 200 pouces, & celle entre les verres fera de 202 pouces. Si l'on prend l'oculaire de 3 pouces de foyer, la distance de foyer de l'objectif devrait être de 300 pouces & celle entre les verres de 303 pouces. Et si l'on prend l'oculaire de 4 pouces de foyer, l'objectif devrait avoir sa distance de foyer de 400 pouces, & celle entre les verres ferait de 404 pouces, & ainsi de suite en donnant toujours plus de longueur à la lunette. - Mais si, au contraire, on ne donne à l'oculaire qu'un demi-pouce de foyer, l'objectif devrait avoir 100 demi-pouces, c'est-à-dire, 50 pouces de foyer, & la distance entre les verres, ne serait que 50 pouces & demi; ce qui fait un peu plus de 4 pieds. Et si l'on prenait) " 2

246 LETTRES-À UNE PRINCESSE

Poculaire d'un quart de pouce, l'objectif n'auroit que 100 quarts ou 25 pouces, & la distance entre les deux verres 25 pouces & un quart, Ce qui feroit un peu plus que 2 pieds. Voilà donc plusieurs manières de produire le même grossissement de 100 fois, & si nous avions la liberté du choix, V. À. n'hésiteroit pas à donner la préférence à la dernière, comme la plus courte; où, la lunette n'étant que de 2 pieds à-peu-près, est bien plus aisée à manier qu'une beaucoup plus longue. Aussi personne ne balanceroit à préférer les lunettes les plus courtes, si toutes les circonstances étoient les mêmes, & que ces différentes fortes représentaient les objets avec le même degré de perfection. Mais, quoique toutes produisent le même grossissement, la représentation n'en est pas également nette & claire; celle de 2 pieds grossit bien 100 fois comme les autres, mais en regardant par cette lunette, les objets paroîtront non - seulement obscurs,; mais mal terminés & confus, ce qui est sans-doute un très-grand défaut. L'avant dernière lunette, dont l'objectif est de 50 pouces de foyer, est moins sujette à ces défauts, cependant l'obscurité & la confusion y sont encore insupportables : & ces défauts diminuent à mesure qu'on se sert de plus grands verres objectifs, & feront déjà beaucoup moindres, lorsqu'on emploiera un verre objectif de 300 pouces, avec un oculaire de 3 pouces de foyer ; en augmentant ces mclu

<: D'ALLEMAGNE. 247 res, la représentation devient encore plus nette & plus claire, de sorte, qu'à cet égard, les longues lunettes sont préférables aux courtes, quoique d'ailleurs elles soient moins commodes. Cette circonstance m'ouvre la carrière pour expliquer encore à V. À. deux 'articles très-essentiels dans la théorie des lunettes; l'un regarde la clarté ou le degré de lumière dont les objets sont vus; & l'autre la netteté d'expression dont ils sont représentés. Sans ces deux qualités, tout grossissement, quelque grand qu'il soit, ne nous apporte aucun avantage pour la contemplation des objets. le 27 Février 1762. LE PIRE -CCXE Pour juger du degré de clarté dont les lunettes nous représentent les objets, je me servirai des mêmes principes que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. À., lorsque j'ai traité le même sujet, par rapport aux microscopes. Il faut d'abord faire attention, qu'il ne s'agit point dans cette recherche du degré de lumière, qui réside dans les objets mêmes, & qui peut être très-différent, tant dans les différents corps, en ce qu'ils sont par leur nature plus ou moins clairs, que dans un même Q 4

248 LETTRES À UNE PRINCESSE corps, en différentes circonstances, ÉLes mè. mes corps, lorsqu'ils {ont éclairés du soleil, ont faus-doute plus de lumière que lorsque le ciel est ouvert, & de nuit leur lumière est tout-a-fait éteinte ; mais différents corps, éclairés par la lumière, peuvent différer beaucoup en clarté, selon que leurs couleurs sont plus ou moins vives. Il n'est pas question de cette lumière, ou de cette clarté qui {e trouve dans les objets mêmes ; mais ; qu'elle soit forte ou faible, on dit qu'une lunette représente les objets en pleine clarté, lorsque nous les voyons par son moyen aussi clairement que par la vue simple; de sorte que si l'objet est obscur, on ne fauroit prétendre que la lunette nous le représente avec éclat. 7 Ainsi, par rapport à la clarté, une lunette est parfaite, lorsqu'elle nous représente les objets avec autant de clarté. que si nous les regardions à la vue simple. Ce qui arrive, comme dans les microscopes, lorsque toute l'ouverture de la pupille est remplie par les rayons qui viennent de chaque point de l'objet après avoir été transmis par la lunette. Tant qu'une lunette fournit assez de rayons pour remplir toute l'ouverture de la pupille < on ne fauroit désirer plus de clarté; & quand elle "en fourniroit en plus grande abondance, cela feroit inutile, puisqu'il n'en entreroit également pas davantage dans l'œil. Il faut donc avoir principalement égard ici à l'ouverture de la pupille, qui étant varia.

D'ALLEMAGNE. 249 ble, empêche de rien fixer là-deflus, si l'on ne se règle sur, une certaine ouverture, qui est suffisante lorsque la pupille, dans l'état de la plus grande contraction, est remplie de rayons, & pour cela, on suppose communément le diamètre de la pupille d'une ligne, dont 12 font un pouce; on se contente souvent même de la moitié » en ne donnant à la pupille que la moitié d'une ligne, & quelquefois moins encore. Si V. À. considère que la lumière du soleil surpasse 300,000 fois celle de la lune, qui pourtant est assez considérable, elle jugera bien qu'une petite diminution de clarté n'est pas de grande conséquence dans la contemplation des objets. Après cela il ne me reste qu'à examiner les rayons que la lunette transmet dans l'œil, pour les comparer avec la pupille, & considérer les rayons qui viennent d'un seul point de l'objet, Tab. 9. fig. I. celui, par exemple, qui se trouve dans l'axe de la lunette. I. L'objet étant éloigné à l'infini, les rayons qui en tombent sur la surface du verre objectif PAP, sont parallèles entr'eux; donc tous les rayons qui viennent du centre de l'objet seront contenus entre les lignes LP, LP parallèles à l'axe EA': tous ces rayons ensemble sont nommés le faisceau des rayons qui tombent sur le verre pis, & l'épaisseur de ce faisceau est égale à l'étendue, ou

250 LETTRES À UNE PRINCESSE à l'ouverture du verre objectif, dont le dia. mètre est PAP. IT. Ce faisceau de rayons se change par la réfraction du verre objectif, dans une figure conique ou pointue PFP, & après s'être croisé dans le foyer F, il forme un nouveau cône $\frac{7}{10}$ qui termine par le verre oculaire, où il est évident que la base de ce cône est autant de fois plus petite que la largeur du faisceau PP, que la distance FB est plus courte que la distance AF. III. Maintenant ces rayons Fyr, Fw1, en passant par le verre oculaire QBQ, redeviennent de nouveau parallèles entre eux, & forment le faisceau de rayons 0, no, qui entrent dans l'œil, & y dépeignent l'image du point de l'objet d'où ils sont partis originairement. IV. Tout revient à présent à l'épaisseur de ce faisceau de rayons $\frac{7}{10}$, $\frac{7}{10}$ qui entre dans l'œil, & si cette épaisseur $\frac{7}{10}$ ou oo est égale ou plus grande que l'ouverture de la pupille, elle en sera remplie, & l'œil jouira de toute la clarté possible, ou bien l'objet paroîtra avec autant de clarté, que lorsqu'on le regardoit sans autre secours que celui des yeux. V. Mais si ce faisceau x", on en étoit beaucoup moins épais que la pupille, il est évident que la représentation deviendroit d'autant plus obscure, ce qui feroit un grand défaut à la lunette.

D'ALLEMAGNE. 253 Pour y remédier, il faut donc que ce
 faîceau ait la moitié d'une ligne d'épaîfleur & il feroit bon qu'il fut d'une
 ligne entière, puifque c'elt l'ouverture ordinaire de la pupille. VL Il eft chair
 que l'épaîfleur de ce faîceau a un certain rapport avec celle du premier,
 qu'il n'elt pas difficile de déterminer: on na qu'à voir combien de fois
 l'intervalle #1, Où #13 elt plus petit que celui PP, oui elt l'ouverture du
 verre objectif. Or intervalle PP elt à #7»: en même proportion que la diftance
 AF à BF , d'où dépend le grofliffement; ainfi, le grofliffement même nous
 montre, combien de fois le faîceau LPLP elt plus large que celui #0%0 qui
 entre dans l'œil. VIE Puis donc que la largeur ## ou 00 doit être une ligne
 ou au moins une demi-ligne, l'ouverture du verre objectif PP doit au moins
 contenir autant de demi-lignes, que le groffiffement indique ; ainfi quand la
 lunette doit groflir 100 fois, l'ouverture de {on verre objectif doit avoir pour
 diamètre 100 demi-lignes, ou \$o lignes, qui font 4 pouces & deux lignes. |
 VIII. V. À. voit donc que, pour éviter l'ob{curité, il faut que l'ouverture de
 l'objectif foit d'autant plus grande, que le groffiffement -elt grand. Et
 confééquemment, fi le verre objectif qu'on véut employer, a'elt pas
 fufceptible d'une telle ouverture,

252 LETTRES À UNE PRINCESSE la lunette fera défectueuse pour la clarté de la représentation. Maintenant il est assez clair que, pour de grands grossissements, on ne fautrait employer des petits objectifs, dont la distance de foyer. soit trop petite, puisqu'un verre formé par des arcs de petits cercles, ne fautrait avoir une grande ouverture. le 1 Mars 1762.

LESET-RHES.-CCXIET L V7. A. vient de voir que le grossissement détermine la grandeur ou l'étendue du verre objectif, afin que les objets paroissent avec un degré suffisant de clarté. Cette détermination ne regarde que la grandeur ou l'ouverture de l'objectif, cependant la distance de foyer s'en reflète aussi, de sorte que plus le verre doit être grand, plus la distance de foyer doit être. La raison en est évidente, puisque pour former un verre dont la distance de foyer est par exemple de deux-pouces, des deux faces doivent être des arcs de cercle dont le rayon est aussi environ de deux pouces: j'ai donc représenté Tab:1EX. fig. 2. deux verres P&Q, où les arcs sont décrits avec un rayon de deux pouces. : Le verre P étant plus épais,

D'ALLEMAGNE: 253 est bien plus grand que celui Q, mais j'expliquerai dans la suite, que les verres épais. sont affectés à d'autres inconvénients, qui sont même si grands, qu'il faut renoncer entièrement à leur usage. : Le verre Q sera donc plus propre pour la pratique, puisqu'il est composé de moindres arcs du même cercle, & comme la distance de foyer. est de deux pouces, {on étendue ou ouverture #17# pourroit à peine surpañler un pouce. D'où l'on peut établir cette règle générale, que la distance de foyer d'un verre doit toujours être plus de deux fois plus grande que le diamètre de {on étendue #1#, ou que l'ouverture d'un verre doit nécessairement être plus petite que la moitié de la distance de foyer. Ayant donc remarqué que pour grossir 100 fois, l'ouverture de l'objectif doit {urpañler 4 pouces, il s'enfuit que la distance de foyer doit {urpañler 3 pouces, & je ferai voir bientôt que le double ne {ut pas, & qu'il faut même augmenter la distance de foyer de ce verre, au-delà de 300 pouces. La netteté d'expression de l'image demande cette grande augmentation, dont je parlerai dans la suite; Je me contente de remarquer ici, qu'à l'égard de la figure géométrique du verre, l'ouverture ne fauroit être plus grande que la moitié de la distance de foyer. Je m'étendrai donc ici un peu plus en détail sur l'ouverture de l'objectif que chaque grossissement exige, & je remarque d'abord

254 LETTRES A'UNE PRINCESSE que, quoiqu'un degré
 fuMifant de clarté des mande une ouvefture de 4 pouces, lorfque la lunette
 doit groilir 100 fois, on fe contente dans les lunettes aftronomiques d'une de
 3 pouces, puifque la diminution de clarté en devient peu fenfible; d'où les
 artiftes ont établi la règle, que pour groflir 100 fois, il faut que l'ouverture
 de l'objectif foit de 3 pouces & pour les autres grofliffemens à proportion.
 Ainfi pour groflir 50 fois, il faut que l'ouverture de l'objectif foit d'un
 pouce & demi; pour groflir 25 fois trois quarts de pouce fuffifent & ainfi
 des autres grofliffemens. L'on voit par-là qu'une tres - petite 'ouverture de
 l'objectif eft fuffifante pour les petits grofliffemens ; & que par conféquent
 la diftance de foyer peut être très-médiocre. Mais fi l'on veut groilir 200
 fois, l'ouverture de l'objectif doit être de 6 pouces , ou d'un demipied, ce
 qui demande déjà un très-crand verre, dont la diftance de foyer doit
 furpañler même 100 pieds, pour obtenir une expref. fion nette & bien
 déterminée : c'elt pourquoi les grands grofliffemens demandent des lunettes
 fi longues, au moins felon l'arrangement ordinaire des verres que j'ai
 l'honneur d'expliquer à V. A. Car depuis quelque tems, on a travaillé avec
 beaucoup de fuccès à diminuer cette longueur exceffive: (Cependant
 l'ouverture de l'objectif doit fuivre la règle que je viens d'établir, puifque la
 clarté en dépend néceffairement.

D'ALLEMAGNE. 25\$ Si donc l'on vouloit faire une lunette qui
eroit 400 fois, l'ouverture de l'objectif devroit toujours être de 22 pouces
ou d'un pied, quelque petite qu'on pût rendre la distance de foyer: & si l'on
vouloit grossir 4000 fois, ouverture de l'objectif devroit être de 20 pieds, ce
verre feroit donc bien grand & même trop, pour que nos artistes pussent
l'exécuter, & c'est pourquoi nous ne saurions espérer de porter jamais le
grossissement au loin, à moins qu'un prince ne voulut faire les dépenses
nécessaires pour former & travailler de si grands verres; encore, peut-être
n'y reussiroit-on pas. Cependant une lunette qui grossiroit 4000 fois devroit
nous découvrir bien des merveilles dans le ciel: la lune nous paroitroit 4000
fois plus grande, que nous ne la voyons à la vue simple; ou bien nous la
verrions comme si elle étoit 4000 fois plus près de nous qu'elle ne l'est. Voyons
donc jusqu'à quel degré nous pourrions y distinguer les différents corps qui
s'y trouvent. On estime la distance de la lune de 20000 milles d'Allemagne,
dont la 4000 partie fait 13 milles, ainsi cette lunette nous la feroit voir
comme si nous n'en étions éloignés que de 13 milles, & par conséquent
nous pourrions y distinguer les mêmes choses, que nous distinguons sur des
objets éloignés à la même distance; or sur une montagne, on peut bien voir
d'autres montagnes qui en sont éloignées au-delà de 13 mil.

= er 256 LETTRES À UNE PRINCESSE les. Il n'y a donc point de doute, que nous ne découvrissions sur la surface de la lune; quantité de choses dont nous serions bien surpris; mais pour décider si la lune est habitée par des créatures {emblables à celles de la terre; une distance de 13 milles est trop grande encore; il faudroit avoir pour cet effet une lunette qui grossit encore 10 fois davantage & par conséquent 40000 fois, dont ER devoit avoir une ouverture de 100 pieds, que l'adresse des hommes n'exécutera jamais. Mais avec une lunette semblable nous verrions la lune comme si elle n'étoit pas plus éloignée de nous que Berlin de Spandau, & de bons yeux pourroient bien y voir des hommes, si l'y en avoit, mais pourtant trop peu distinctement, pour s'en affûrer entièrement. Comme nous devons nous contenter de souhaits à cet égard, le mien feroit plutôt d'avoir tout d'un tems une lunette qui grossit 100000 fois; la lune se présenteroit alors comme si elle n'étoit éloignée de nous que d'un demi-mille. L'ouverture de l'objectif de cette lunette devoit donc être de 250 pieds, & nous verrions au moins les grosses bêtes qui peuvent être dans la lune. le 6 Mars 1762, LET

D'ALLEMAGNE. h è AN «] LETTRE CCxuL. a nêtteté de l'exprefſion eſt un article: fi important dans les qualités d'une lunette, qu'elle ſemble l'emporter ſur tous ceux dont j'ai eu déjà lhonneur de rendre compte à V. À., puilque tout le monde convient qu'une lunette, qui ne reprêſente pas nettement les images des objets, eſt fort déſetueuſe. J'ai donc à expliquer les raifons de: ce défaut de netteté , afin qu'on puifle penſer avec plus de ſuccès aux moyens d'y remédier. Elles paroifſent d'autant plus cachées ; que les principes que j'ai établis juſqu'ici n'en de: couvrent point l'origine: en étiez ce: défaut vient de ce qu'un des principes dont: Je me ſuis ſervi juſqu'ici, n'eſt point 'vrai à la rigueur, quoiqu'il ſ'écarte queſ très-peu de la vérité. V. À. ſe fouvient que j'ai polé pour principe,; qu'un verre convexe reflète dans un point. de l'image tous:les rayons qui partent d'un point de l'objet: ſi cela étoit vrai à la rigueur ; les, images reprêſentées par les verres ſeroient auſſi: bien terminées! que. l'objet même, & il n'y auroit point à éraindre de défaut: à cet égard Voidi: donc en quoi conſiſte la déſetuoſité de, ce: principe ; les verres n'ont la propriété que je leur ai ſuppoſée:, .qu'autour de leur miſſure. III: KR

258 LETTRES À UNE PRINCESSE lieu; les rayons qui pañlent vers les bords d'un verre se raflembent dans un autre point que ceux qui pañlent vers le milieu, quoique tous viennent d'un même point de l'objet, & il en naît deux images différentes qui troublent la netteté. Pour mettre cela dans tout son jour ; considérons dans Tab. IX. fig: 3. le verre concave PP, sur l'axe duquel se trouve l'objet Ee, dont le point E est situé dans l'axe, envoie les rayons EN, EM, EA, EM, EN, sur la surface du verre. (C'est sur la route de ces rayons changés par la réfraction, qu'il faut fixer notre attention. I. Le rayon EA, qui passe par le milieu A du verre, n'en souffre aucune réfraction, il continue sa route dans la même direction sur la ligne ABF. II. Les rayons EM & EM fort proches de celui-là, en souffrent une petite, par laquelle ils se réunissent quelque part en F avec l'axe, où est le lieu de l'image Ff, dont j'ai parlé dans mes premiers entretiens sur cette matière. III. Les rayons EN & EN, qui sont plus éloignés de l'axe EA & qui pañlent vers les bords NN du verre, souffrent une réfraction un peu différente, qui les réunit, non dans le point F, mais dans un autre point G plus proche du verre, & ces rayons représenteront une autre image Gg différente de la première Ff

D'ALLEMAGNE: 269 IV. Remarquons bien cette circonstance particulière, à laquelle je n'ai pas fait attention auparavant; c'est que les rayons qui passent par le verre vers les bords, représentent une autre image Gg, que ceux qui passent par son milieu MAM. V. Si les rayons EN, EN s'éloignoient encore plus du milieu A, & qu'ils passassent par les extrémités mêmes P & P du verre, leur réunion s'approcheroit encore davantage du verre, & formeroit une nouvelle image plus proche du verre que Gp. VI. V. A. jugera aisément par-là que la première image Ff qu'on nomme la principale, n'est formée que par les rayons qui sont presque infiniment proches du milieu A, & que dès que les rayons s'en écartent vers les bords du verre, il se forme une image particulière plus proche du verre, jusqu'à ce que ceux qui passent près les bords forment la dernière Gg. VII. Donc, tous les rayons qui passent par le verre PP, représentent une infinité d'images disposées entre Ff & Gg, & à chaque distance de l'axe la réfraction du verre produit une image particulière, : de sorte que l'espace entre F & G est rempli d'une file d'images. VIII. Cette file d'images est-elle nommée la diffusion de l'image, & quand tous ces rayons entrent ensuite dans quelque œil, il est naturel que la vision en soit double. 2

260 LETTRES À UNE PRINCESSE IX tant plus troublée , que
 l'espace 'F G, par lequel l'image est: répandue est. plus considérable:: si cet
 espace FG se réduisoit à rien, aucune confusion ou-défaut.de netteté ne
 {eroit à craindre. : Plus les arcs PA P & PBP font de grandes parties des
 cercles dont ils font pris, plus aussi l'espace de diffusion F G est grand; d'où
 V. À. doit comprendre pourquoi il faut rejeter tous les verres trop épais , :
 où ces arcs, qui forment les faces du verre, {ont des parties considérables
 de: cercles ; comme dans la fig. 4^e Tab. IX. où les arcs PAP & PBP font la
 quatrième partie de la circonférence entière, de sorte que chacun contient:90
 degrés, ce qui par conséquent produiroit une confusion insupportable. X. Il
 faut donc que les arcs qui forment les faces d'un verre, contiennent
 beaucoup moins de 90 degrés: s'ils en contenoient 60, la diffusion de l'image
 {eroit encore insupportable. Les auteurs, qui ont: écrit {ur cette matière, ne
 veulent admettre que 30 degrés tout au plus: & il y en a qui {e bornent à
 20: On: voit un verre semblable dans la fig. 5^e.- Tab. IX. où les arcs PAP &
 PBP ne contiennent que 20 degrés, chacun n'étant que la 18^{me} partie de la
 circonférence: entière: d'où ils {ont pris. XI. Mais si: ce verre doit tenir: eu
 d'objectif dans une lunette, il faut-que les arcs P: À P & PBP:contiennent
 encore beaucoup moins

D'ALLEMAGNE! : : 2) 261 - de degrés. - Car quoique la diffusion de l'image soit infinie en elle-même, le grossissement la multiplie autant de fois que l'objet même. Ainsi, plus le grossissement est grand, plus le nombre de degrés que les faces embrassent doit être petit.

XII. Quand la lunette doit grossir 100 fois, V. À. se trouve, que l'ouverture P P de l'objectif doit être de 3 pouces, & la distance de foyer 360 pouces, qui est égale aux rayons dont les deux arcs P A P & P B P sont décrits; d'où il s'ensuit que chacun de ces deux arcs ne contient qu'un demi-degré; & c'est la netteté dans l'expression qui exige une si petite mesure; si l'on vouloit grossir 200 fois, un demi-degré {seroit encore trop, & alors la mesure des arcs ne devroit pas surpasser le tiers d'un degré. Cependant cet arc doit recevoir une étendue de 6 pouces, . ainsi le rayon du cercle doit être d'autant - plus grand. & par conséquent aussi la distance de foyer. C'est là, véritablement pour- quoi les grands grossissements demandent des : lunettes si considérablement longues. le 9 Mars 1762:

262 LETTRES À UNE PRINCESSE DHE TR PROCESS IL

ORSQUE l'espace de diffusion d'un verre objectif est trop grand, pour que le défaut dans la netteté de l'image qui en résulte soit supportable, rien n'est plus aisé que d'y remédier ; on n'a qu'à couvrir le verre d'un cercle de carton, percé d'un trou vers le centre, de sorte que le verre ne puisse transmettre d'autres rayons, que ceux qui y tombent par le trou, & que ceux qui passeroient auparavant par les bords du verre en soient exclus: car puis qu'il n'y a que les rayons qui soient transmis vers le milieu du verre, plus le trou fera petit plus l'espace de diffusion le fera: ainsi, en diminuant le trou, on peut rendre l'espace de diffusion aussi petit qu'on veut. Il'en est de même alors que si le verre n'étoit pas plus grand que le trou, ainsi la partie couverte par le carton devient inutile, & c'est le trou qui détermine l'ouverture du verre: aussi se fait-on de ce remède pour donner aux verres objectifs autant d'ouverture que l'on juge à propos. Dans la fs.6. Tab IX. PP est le verre objectif, devant lequel est placé le carton NN percé du trou MM, qui est l'ouverture du verre. Cette ouverture MM est ici à-peu-près la moitié de ce qu'elle feroit si l'on ôtoit le carton, ainsi l'espace de diffusion est beaucoup

D'ALLEMAGNE. 263 plus petit: on remarque que l'espace de diffusion pour ce cas-ci est que le quart de celui d'auparavant, un trou MM, qui ne ferait que le tiers de PP, rendrait l'espace de diffusion 9 fois plus petit: ainsi l'effet de ce remède est très-considérable, & pour peu qu'on couvre les bords du verre, l'effet en devient très-sensible. Si donc une lunette a le défaut que les objets ne paraissent pas assez nets, puisqu'une file d'images qui se confondent ensemble, doit nécessairement produire de la confusion, on n'a qu'à rétrécir l'ouverture du verre objectif par un carton pareil, & cette confusion s'évanouira infailliblement. Mais on tombe dans le défaut, tout aussi fâcheux, que le degré de clarté en est diminué: V. A. se souvient que chaque grossissement exige une certaine ouverture de l'objectif, afin qu'il y soit transmis autant de rayons qu'il en faut pour nous procurer une clarté suffisante; il est donc bien fâcheux qu'en remédiant à un défaut, on s'expose à un autre; & il faut absolument qu'une bonne lunette fournisse assez de clarté, sans nuire à la netteté, dans la représentation des objets. Mais n'y aurait-il pas moyen de diminuer, & de réduire même à rien, l'espace de diffusion des verres objectifs, sans en diminuer l'ouverture? Telle est la grande question à laquelle on travaille depuis quelque temps, & dont la solution nous promet les plus grands progrès dans la dioptrique. J'aurai donc l'honneur de vous adresser 4 mm bles A 4

“\ 264 LETTRES À UNE PRINCESSE neur d’expliquer à V. À.
 les moyens que les fa. vaus ont imaginé pour y parvenir. Commie le foyer
 dés rayons qui pañlent :par le milieu d'un verre convexe, eft plus éloigne du
 verre que le foyer des rayons qui pañlent vers les bords, on a remarqué que
 les: verres concaves produifent un effet contraire; ce qui a occafionné de
 rechercher s'il ne feroit. pas poffible de combiner un verre convexe avec un
 verre concave, de facon que l’efpace de diffufion fut entierement anéanti ?
 & que d’ailleurs ce verre compofe produifit le même effet qu’un objectif
 ordinaire fimple ? :V. A:-fait, quelles verres concaves font auflirbien
 mefurés par leur diftaice de foyer, que:les verres convexes ; avec cette
 diférence; que: le foyer.des concaves ieft qu'imaginaire &: tombe devant le
 verres pendant que le. foyer des verres coitvèxes eft:réel. & tomberderrière
 eux. Celaremarqué, on raifonne de la manière fuivante. f. Si Pon place Tab.
 IX. fig. 7. derrière un verre convexe P AP. un verre concave QB Q de la
 même diftance de foyer, les rayons que le verre convexe réuniroit dans fon
 foyer, feront refraétés par le concave, delorte qu'ils redeviennent paralleles
 entr'eux, comme ils Pétoient avant. que. de pañler par le verre cotivexe; | IL:
 Dans ce cas done, le verre concave détruit J’effet du convexe, & il en eft de
 même que fi les rayons continuoient leur, route natu

D'ALLEMAGNE: 26\$ telle, fans avoir éprouvé aucune refraction.' Car le verre concave ayant son foyer au même point F, rétablit dans le parallélisme les rayons qui voudroient concourir au point F. III. Si la distance de foyer du verre concave étoit plus petite que celle du verre convexe, il produiroit un plus grand effet, & rendroit les rayons divergens comme dans «la fig. 8: Tab. IX. les rayons incidens parallèles LM, EA, LM passant par les deux verres prennent les routes NO, BF, NO, qui sont divergentes entr'elles.: Ces deux verres ensemble produisent donc le même effet qu'un verre concave simple, qui imprimerait aux rayons incidens parallèles la même divergence. Deux verres pareils joints ensemble, dont le concave a une plus petite distance de foyer que le convexe, sont donc équivalens à un seul verre concave. IV: Mais si le verre concave Q Q_ Tab. IX. fig. 9. a une plus grande distance de foyer que le verre convexe P P_: il n'est pas même suffisant de rendre parallèles entr'eux les rayons que le verre convexe seul réunirait dans son foyer F: ces rayons demeurent donc convergens, mais leur convergence sera diminuée par le verre concave., en sorte que les rayons au lieu de se réunir en F, se réuniront dans le point © plus éloigné. V. Ces deux verres joints ensemble produiront donc le même effet qu'un seul verre convexe simple, qui aurait son foyer en ©, puisqu'il

266 LETTRES À UNE PRENCESSE réuniroit les rayons
 parallèles LM, EA, LM également dans le même point, il est donc clair qu'il
 est possible de combiner d'une infinité de manières, deux verres, l'un
 convexe & l'autre concave, de sorte que leur combinaison soit équivalente à
 un verre convexe donné. VI. Un tel verre objectif double, pourra donc être
 employé dans les lunettes, au lieu du simple auquel il est équivalent, &
 l'effet, par rapport au grossissement, fera tout-à-fait le même. Or l'espace de
 diffusion sera tout-à-fait différent, & il peut arriver qu'il soit plus ou moins
 grand, que celui d'un objectif simple, & dans ce dernier cas, l'objectif
 double fera bien préférable au simple. VII. Mais il y a plus; on a trouvé
 qu'il est possible de faire des arrangements de deux verres tels, que l'espace
 de diffusion est tout-à-fait réduit à rien, ce qui est sans-doute le cas le plus
 avantageux pour la perfection des lunettes. Le calcul nous découvre ces
 arrangements, mais les artistes ne sont pas encore assez habiles pour les
 exécuter. le 19 Mars 1762.

D'ALLEMAGNE: + :: 267 LE TT RA:E::GCX VE TA

combinaison de deux verres, dont je viens de donner l'idée à V. A. est nommée objectif compolé; le but en est que tous les rayons, tant ceux qui passent par le milieu du verre que par les bords, soient réunis dans un seul point, de sorte qu'il ne s'y forme qu'une seule image, sans diffusion, comme dans les objectifs simples. Si les artistes recouraient à cette construction, on en retirerait les plus grands avantages, comme V. A. le verra. Il est d'abord évident que la représentation des objets doit être beaucoup plus nette & mieux terminée, puisque la vision l'est plus troublée par l'apparition de cette file d'images, qui occupent l'espace de diffusion, lorsque l'objectif est simple. Ensuite, puisque cet espace de diffusion est l'unique rayon qui nous oblige de donner aux objectifs simples, une si excessive distance de foyer, pour rendre le fâcheux effet qui en résulte insupportable; en employant des objectifs compolés, nous ne serons plus réduits à cet expédient incommode, & nous pourrons faire des lunettes incomparablement plus courtes, qui produiront le même grossissement. Lorsque en employant un objectif simple on veut grossir 100 fois, la distance de foyer ne saurait être plus petite que de 30 pieds, & la

26% LETTRES A/UNE PRINCESSE longueur de la lunette devient encore plus grande à cause du verre oculaire dont la distance de foyer doit être ajoutée; un moindre objectif produiroit, à cause de son plus grand espace de diffusion, une confusion insupportable. Or une longueur de 30 pieds, non-seulement est très-incommode, mais les artistes réfléchissent rarement à former des verres d'une si grande distance de foyer. V. À. en sentira bien la raison, puisque le rayon des faces de ce verre doit être aussi de 30 pieds, & qu'il est très-difficile de décrire exactement un si grand cercle, où la moindre aberration rend le travail inutile. Mr: Ces: accidents ne sont pas à craindre dans la construction des verres objectifs composés, qui peuvent : être formés de plus petits cercles, pourvu qu'ils soient susceptibles de l'ouverture que le grossissement exige. Ainsi, pour grossir 100 fois, nous avons vu que l'ouverture de l'objectif doit être de trois pouces: or on pourra bien-construire un objectif composé, dont la distance de foyer ne seroit que de 100:pouces,. & qui admettroit une ouverture de 'plus de 3 pouces: donc, puisque la distance de foyer de l'oculaire doit être 100 fois plus petite, elle seroit d'un pouce; & l'intervalle entre les verres devant être la somme de leurs distances de foyer , la longueur-de la Lunette ne, seroit que 101 pouces, qui sont 8 pieds & 5 pouces, bien plus. petite que celle de 30 pieds.

D'ALLEMAGNE. 269 Mais il femble qu'un-objet compofé, dont le foyer {eroit à \$O pouces, pourroit bien admettre encore une ouverture de 3 pouces & même au-delà; prenant donc l'oculaire d'un demi-pouce de foyer, on obtiendra le même eroffiflement de 100 fois, & la longueur de la lunette feroit réduite à la moitié, c'eft-a-dire, à 4 pieds & pres de 3 pouces. Une telle lunette produiroit donc le même effet qu'une ordinaire de 30 pieds, ce qui elt fûrement.le plus grand avantage qu'on puifle fouhaiter. Si un tel objectif compofé réuffloit, on n'auroit qu'à doubler toutes les melures, pour en avoir un qui admit une ouverture. de 6 pouces, & celui-ci pourroit être employé à groflir 200 fois, en {e fervant d'un oculaire de demi-pouce de foyer, comme la deux-centième partie de la diftance de foyer de l'objectif, qui feroit dans ce cas. de 100 pouces. Or une lunette ordinaire qui groflit 200 fois, {urpalle la longueur de 100 pieds ; pendant que celle qui eft faite avec un objectif compoié, ne çontient qu'environ 8 pieds, , & peut être employée très-commodément dans la pratique, au lieu qu'une lunette de 100 pieds eft un fardeau prefqu'entièrement inutile. On:pourroit poufler la chofe beaucoup plus loin encore, & doubler même. les mefures., pour avoir un objectif compolé;,. dont la diftan-ce de foyer fut de 200 pouces ou de 16 pieds & 8 pouces, qui admit une ouverture de 12 pouces où d'un pied; prenant alors un ocu

270 LETTRES À UNE PRINCESSE laire d'un demi-pouce de
 foyer, puisque 200 pouces contiennent 400 demi-pouces ; on aura une
 lunette qui grossira 400 fois, :& qui fera encore tres-bien traitable, étant au-
 dessus de 17 pieds , pendant que si l'on vouloit produire le même
 grossissement par un verre objectif simple, la longueur de la lunette devroit
 grossir 300 pieds, & ne feroit certainement d'aucun usage, à cause de sa
 prodigieuse longueur. On a à Paris une lunette de 120 pieds & à Londres
 une de 130, mais les terribles difficultés de les monter & de les diriger ;
 annulent presque les avantages qu'on s'en étoit promis. V. À. en
 conclura , combien il seroit important, que l'on réfléchit dans la construction
 des- objectifs composés dont je viens de parler. J'en avois donné les
 premières idées, il y a plusieurs années; & depuis ce tems les plus habiles
 artistes en Angleterre & en France travaillent à les exécuter; la chose
 demande bien des efforts & une grande adresse de la part de l'ouvrier: &
 quoique j'aie fait faire par le mécanicien de notre académie quelques
 heureux efforts, les dépenses d'une telle entreprise n'ont obligé d'y renoncer.
 Mais la société des sciences à Londres a annoncé l'année passée qu'un très-
 habile:artiste , nommé Dollond ; en étoit venu heureusement à bout; &
 maintenant on admire par-tout ses Lunettes. Un autre habile artiste de Paris,
 nommé Paflement , se vante d'un succès pareil,

1: D'ALLEMAGNE. 271 Jun & l'autre me faisoit l'honneur, autrefois ; d'entretenir une correspondance avec moi sur cette matière; mais comme il s'agissoit principalement de surmonter de grands obstacles dans la pratique, ce dont je ne m'étois jamais mêlé, il est bien juste que je leur abandonne la gloire de la découverte: ce n'est que la partie théorique qui m'appartient, & qui m'a coûté des recherches bien profondes & des calculs très-peinibles, dont la vue seule effrayeroit V. À.; ainsi je me garderai bien de l'entretenir sur cette matière épineuse. AE le 16 Mars 1762. LE T PR:E :CCX VIT: Pour donner à V. A. quelque'idée des recherches qui m'ont conduit à la construction des objectifs composés, je dois commencer par la formation des verres simples. Remarquons d'abord que les deux faces d'un verre peuvent être formées d'une infinité de manières différentes , en 'prenant les cercles; dont les faces font des parties, ou égaux ou inégaux entr'eux, de sorte pourtant que la distance de foyer demeure toujours la même. On donne ordinairement aux deux faces d'un verre la même figure, ou comme on représente les faces des verres par:des arcs de cercles,

272 LETTRES A UNE PRINCESSE on fait les deux faces des rayons égaux entr'eux, La commodité dans l'exécution a fans - doute recommande cette figure, puifqu'on peut fe fervir du même baflin pour former l'une & l'autre face, & que la plüpart des ouvriers w'elt pourvue que d'un petit nombre de baflins.: Suppofons donc un verre convexe, dont les deux faces {oient travaillées {ur un même bafin de 24 pouces de rayon, deforte que chaque face foit un arc de cercle dont le rayon foit.de 24 pouces, ce verre [era convexe des deux côtés, & il aura {on foyer à la diftance de 24 pouces, comme on leftime communément; mais comme le foyer dépend de la réfraétion ; & que la réfraction n'eft abfolument pas la même dans toutes les efpeces' de verres, où fe trouve une, diverfité afléz confidérable {elon que le verre eft plus ou moins! blanc & dur ; cette eftime du foyer n'eft pas juftte à la rigueur, & ordinairement la diftance du foyer du verre eft un peu, moindre que le rayon de {es deux faces, tantôt de la dixième partie, tantôt de la douzième ; ainfi le verre que je viens de fuppofer, & dont les rayons de chaque face font de 24 pouces, aura fon foyer à une diftance d'environ 22 pouces, si eft travaillé de la meme forte de verre dont on fait communément les, miroirs : quoiqu'on rencontre auil dans cette -efpèce de vefres une petite diverfité par rapport à la réfraction. Nous voyons enfuite qu'en faifant les deux faces. du verre inégales ; on peut former une infinie

D'ALLEMAGNE. 273 infinité d'autres verres, qui ont tous la même distance de foyer: car, en prenant le rayon d'une face plus petit que 24 pouces, on prendra celui de l'autre face d'autant plus grand, selon une certaine proportion; on peut toujours prendre le rayon d'une face à volonté, & trouver par le moyen d'une certaine règle le rayon de l'autre, afin que la distance de foyer devienne la même que si chaque face avoit 24 pouces de rayon. : La table suivante offre plusieurs verres pareils, qui ont tous la même distance de foyer. We EL Fe Æ Rayons de | Rayons de Verres | la Iere face: | la Ilde face. I. 24. 24 IT. 21 28 JIT. 20 30 IV. 18 36 av. 16 48 VE HAS 60 VIL. 14 84 VIII. 13 156 IX. 12 infini RS % Dans la dernière forme le rayon d'une face n'est que de 12 pouces, ou la moitié de 24 pouces mais Tom. III,

74 LETTRES À UNE PRINCESSE celui de l'autre devient infini, ou plutôt, cette face est un arc de cercle infiniment grand; & comme un tel arc ne diffère plus d'une ligne droite, cette face fera plane, & ce verre plane-convexe. Si nous voulions prendre le rayon d'une face encore plus petit que de 12 pouces, l'autre face doit être faite concave, & le verre deviendra Convexo-concave; il portera alors le nom de menisque dont voici plusieurs figures. a % | Rayon de | Rayon de Menisque | la face la face convexe. concave. >, Es IL 132 XEH. 10 | 60 XIL. 9 36 XIE. 8 24. XIV. 6 12 XV. 4. 6 XVE 3 4 Voilà donc encore une nouvelle espèce de verres, dont la dernière est représentée dans la fig. 11. Tab. IX. de sorte que nous en avons ici 16 espèces différentes, qui ont toutes leurs foyers à la même distance, qui sera environ de 22 pouces, un peu plus ou moins, selon la nature du verre.

D'ALLEMAGNE. | 7 Quand donc il :n'est-queſtion que -dé la dif-
tance de foyer que le-verre doit avoir, il eſt indifférent {elon qu'elle de ces
formes on veuille le travailler : mais il s'y trouve une très-grande différence
dans l'eſpace de diffusion, auquel chaque eſpèce eſt aflujettie, cet eſpace
devenant plus petit dans les unes que dans les autres. Quand on'veut
employer 'un verre objectif ſimple, comme à l'ordinaire ; il n'eſt plus
indifférent de quelle eſpèce on tire la figure , & celle qui produit le plus petit
eſpace de diffusion eſt à préférer. - 'Or cette belle propriété ne convient pas
à la première eſpèce, où les deux faces ſont égales, mais à-peu-près à la
troisième eſpèce, qui eſt douée de la prérogative, que loriſqu'on tourne vers
l'objet la face la plus convexe, ou celle dont le rayon eſt plus petit,
l'eſpace de diffusion ſe trouve 'environ: de la moitié plus 'petit que ſi le
verre étoit également convexe des deux côtés; c'eſt donc la figure la plus
avantageuſe aux verres objectifs ſimples, auſſi les praticiens ſont-ils
d'accord là-deſſus. Il eſt donc clair que pour juger de l'eſpace de diffusion
d'un verre, il ne ſuffit pas d'en connoître -la diſtance de 'foyer; il faut ſavoir
ſon eſpèce, c'eſt-à-dire, les rayons de chaque face, & bien-diſtinguer
laquelle eſt tournée vers l'objet. Remarquez, après cette explication, que
pour chercher la combinaiſon: de deux verres qui ne produiſſent aucune:
diffuſion : d'image ,: il faut abſolument tenir compte de la figure des deux

DE2

276 LETTRES À UNE PRINCESSE faces de chaque verre, & qu'on a ce problème à résoudre, quels doivent être les rayons des faces des deux verres, afin que l'espace de diffusion soit réduit à rien? La solution demande les plus profondes recherches de la plus sublime géométrie ; & après en être venu à bout, l'artiste trouve encore bien des difficultés à surmonter ; il faut qu'il donne aux bafins la même courbure précisément que le calcul a enseigné, & cela n'est pas suffisant encore, car pendant qu'on travaille le verre sur le bafin pour qu'il en prenne la figure, le bafin même en souffre à son tour; on est donc obligé de rectifier la figure de temps-en-temps, avec la plus grande justesse, car dès qu'on manque à toutes ces précautions, on ne faueroit se promettre un heureux succès; aufl est-il bien difficile d'empêcher que le verre ne prenne une figure un peu différente de celle du bafin; d'où V. A. jugera combien il doit être difficile de porter à la perfection cet important article de la dioptrique. le:20 Mars 1762. L'E T:TR-E GCX;VITL. V7. A. vient de voir de quelle manière on doit remédier à l'inconvénient des rayons qui, passant par les bords d'un verre, ne se réunissent pas dans le même point où sont réunis ceux

D'ALLEMAGNE. 277 qui paffent par fon milieu, tellement qu'il en naît une infinité d'images difperfées par lefpace de diffufion. Mais cét inconvénient n'eft pas feul, il en eft encore un autre, d'autant plus important, qu'il femble impoffible d'y remédier , parceque la caufe ne fe trouve pas dans le verre, mais dans la nature des rayons mêmes. V. À. fe fouvient qu'il règne une grande variété dans les rayons, par rapport aux diverfes couleurs dont ils nous impriment le fentiment; j'ai comparé cette diverfité avec celle qu'on trouve dans les tons, ayant établi pour principe, que chaque couleur eft attachée à un certain nombre de vibrations. Mais quand cette explication paroîtroit encore douteufe, il refte très-für que les rayons des diverfes couleurs fouffrent auffi des réfractions différentes , en pañlant d'un milieu tranfparent dans un autre; ainfi les rayons rouges fouffrent la plus petite réfraction, & les violets la plus grande, quoique la différence foit prefque imperceptible. Or toutes les autres couleurs comme l'orange, le jaune, le verd, & le bleu, font contenues, à l'égard de la réfraction, entre ces deux limites. Il faut aufli remarquer que le blanc eft un mélange de toutes ces couleurs, qui, par la réfraction, fe féparent les unes des autres. En effet quand, Tab: IX. fir. 12. on fait tomber obliquement un rayon blanc O P, ou un rayon du foleil, fur un morceau de verre S 3

278 LETTRES A-UNE PRINCESSE ABCD .au-lieu de continuer.
 fa route fuivant fa direction PQ, non-feulement il en eft détourné, mais il {e
 partage encore en plufieurs rayons Pr, Ps, P#, Po, dont le premier Pr, quieft
 le moins détourné, reprefente la couleur rouge, & le dernier Po, qui elt le
 plus détourné, la couleur violette; la difperfion rv eft bien plus petite que ne
 le reprefente la figure, cependant leur divergence devient toujours plus
 fenfible, De cette différente réfrangibilité des rayons, felon leurs diverfes
 couleurs, naiffent les phenomènes {uivans ,. par rapport -aux verres
 dioptriques. I. Soit PP Tab. IX. fig..13. un verre convexe, dur. l'axe, OR.
 duquel fe trouve, dans, un très-grand éloignement AO, l'objet Oo, dont il
 s'agit.de déterminer l'imace reprélentee par le verre, en faifant ici
 abftraction .de la première .irrégularité. qui regarde. Ja, diffufion, ou, ce qui
 revient au même, en ne confidérant ici que les rayons qui-paflent par le
 milieu du verre AB, comme fi fes bords étoient couverts d'un carton. | IL.
 Suppofons maintenant que l'objet © o foit rouge, deforte -que: tous {es
 rayons foient de. la même nature, le, verre en repréfentera quelque part
 l'image R:7 également rouge: ou,nomme alors le point R, le foyer des
 rayons rouges, on de ceux qui fouffrent la moindre réfraction.

D'ALLEMAGNE. 279 IT. Mais si l'objet Oo est violet, puisque les rayons de cette couleur souffrent la plus grande réfraction, l'image V + fera plus proche du verre, que la précédente R7; ce point V est nommé le foyer des rayons violets. IV. Si l'objet étoit teint de quelque autre couleur, moyenne entre la rouge & la violette, l'image. tomberoit entre les lieux KR & V , feroit toujours bien nette , & terminée par la droite oB tirée de l'extrémité de l'objet o par le milieu du verre, cette règle étant générale pour toutes les couleurs. V. Mais si la couleur de l'objet n'est pas pure, comme il arrive dans presque tous les corps; ou que l'objet O o fut blanc, ce qui est un mélange de toutes les couleurs, les diverses espèces de rayons sont alors séparées par la réfraction, & chacune en fera une image à part. Celle qui est formée par les rayons rouges, se trouvera en Rr; & celle qui est par les rayons violets, en Vu; & tout l'espace R V sera rempli par les images des couleurs moyennes. VI. Le verre P P représentera donc une infinité d'images de chaque objet Oo, disposées par le petit espace RV, dont la plus éloignée du verre Rr est rouge & la plus proche Vo violette, & les moyennes, des couleurs moyennes; selon l'ordre des couleurs que nous voyons dans l'arc-en-ciel. VI. Chacune de ces images fera bien nette S 4

280 LETTRES À UNE PRINCESSE en elle-même, & toutes, terminées par la ligne droite oBvr, tirée de l'extrémité de objet o par le milieu du verre B: mais elles ne fauroient être vues enfemble fans une confufion aflez fenfible. VIII. Il en nait donc un efpace de diffufion comme dans la première irrégularité, mais qui en difere en ce que celui-ci eft indépendant de l'ouverture du verre, & que chaque image eft teinte d'une couleur particulière. IX. Cet efpace de diffufion RV, dépend de la diftance de foyer du verre, de forte qu'il en eft toujours environ la vingt - huitième partie; quand donc la diftance de foyer du verre PP eft de 28 pieds, l'efpace RV devient égal à un pied entier, ou bien, la diftance entre l'image rouge R7 & la violette Vo, eft d'un pied. Si la diftance de foyer étoit deux fois plus grande ou de 56 pieds, l'efpace R V feroit de 2 pieds & ainfi des autres. X. De-là Peftime de la diftance de foyer d'un verre devient incertaine, puifque les rayons de chaque couleur ont leur foyer à part: & quand on parle du foyer d'un verre , il faudroit toujours s'expliquer de quelle couleur on l'entend. Mais on entend communément des rayons d'une nature moyenne entre le rouge & le violet, & qui répond à la couleur verte. XI. Ainfi quand on dit fans s'expliquer da

D F D'ALLEMAGNE. 281
vantage, que la distance de foyer de
tel verre est de 6 pieds, il faut entendre que c'est l'image verte qui tombe à
cette distance ; l'image rouge tombera environ d'un pied plus loin & la
violette d'un pied plus près. Voilà donc une nouvelle circonstance bien
essentielle, à laquelle il faut avoir égard dans les instrumens dioptriques. le
23 Mars 1762. BARFSPSE SON IMETS LETTRE CCS VILL TL faut bien
distinguer cette nouvelle diffusion, ou multiplication de l'image, qui vient
de la diverse réfrangibilité des rayons, en' ce qu'ils {ont de différentes
couleurs, de la précédente qui provenoit de l'ouverture du verre, & de ce
que les rayons qui pañlent près des bords, forment une autre image que
ceux qui pañlent par son milieu. Aussi faut-il remédier à ce nouvel
inconvenient différemment qu'au premier. V. À; voudra bien se souvenir que
j'ai proposé deux moyens pour remédier à l'inconvenient précédents l'un
consistoit dans l'aggrandissement de la distance de foyer, pour diminuer-la
courbure des faces du verre; ce remède nous conduisoit à des lunettes extrê

282 LETTRES A, UNE PRINCESSE mement longues, lorſqu'on fouhaitoit un grand groſſiflement. [autre requéroit la combinaiſon de deux verres, l'un convexe & l'autre concave , pour tempérer la réfraction, de façon que tous les rayons tranſmis par ces verres ſe réunifſent dans le même point, & que l'eſpace de diſuſion fût réduit à rien. Mais ni l'un ni l'autre de ces remèdes n'apporte du ſecours à l'inconvénient cauſé par la différente réfrangibilité des rayons. Le premier produit même un effet tout contraire, puisſque, plus on augmente la diſtance de foyer du verre, plus d'eſpace par lequel les Images colorées ſont diſperſées devient conſidérable: la combinaifon de deux, ou pluſieurs verres, n'eſt encore d'aucun ſecours, & on a trouvé par l'expérience & la thcorie, que les images de différentes couleurs demeurent toujours ſéparées, quelque grand que ſoit le nombre des verres par leſquels on fait paſſer les rayons, & que, plus la lunette doit groſſir, & plus la diſférence augmente. Cette circonſtance éfraya tellement le grand Newton, qu'il a déſeſpéré de remédier à ce défaut, qu'il croyoit abſolument inféparable des inſtrumens dioptriques, où la viſion ſe fait par des rayons réfractés. C'eſt pourquoi il prit le parti de renoncer entièrement à la réfraction, & d'employer des miroirs au lieu de verres objectifs, puisſque la réflexion eſt toujours la même pour tous les rayons; c'eſt cette idée qui nous a procuré ces excellens té . = en pe

D'ALLEMAGNE. + 283 lefcopes à réflexion ,. dont on admire-
les effets furprenans, & dont je parlerai une autre fois, quand j'aurai
rapporté tout ce qui regarde les inftrumens à ré fraction. Lorfque j'ai été
convaincu qu'il étoit im poffible de remédier à la diverle réfrangibilité des
rayons ; par la combinailon de plufieurs “verres, j'ai remarque que la raïifon
en eft fondée fur la loi de réfraction, qui eft la même dans toutes les efèces
de verres; & je me fuis apperçu, que fi lon pouvoit employer d'autres
matières tranfparentes, dont la réfraction fut confidérablement différente de
celle du verre,;il Âeroit bien poffible de la combiner avec le verre, deforte
que tous les rayons fe réuniflent.-àa former une {eule image, fans qu'il y eut
d'efpace de difufion. Ayant pourfuivi cette idée, J'ai trouve -moyen de
compofer des objectifs de verre & d'eau tout-à-fait exemts de l'effet de la
diverfe réfrangibilité des rayons; qui, par conféquent, devroient produire un
effet auf bon que les miroirs. J'ai exécuté cette idce par deux ménifques, où
verres concavo-convèxes Tab..IX, fig. 14. dont lun et AACC & lautre-
BBCC, que j'ai joints enfemble par leurs. faces concaves , en rempliffant
d'eau le vuide qui reftoit entr'elles, delorte que les, rayons qui-font entrés
par le verre AACC doivent traverser l'eau contenue entre les deux verres,
avant de fortir par CCBB. Chaque rayon foutire donc quatre ré

284 LETTRES À UNE PRINCESSE fractions , la première en entrant de l'air dans le verre AACC, la seconde en passant de ce verre dans l'eau, la troisième en passant de l'autre verre CCBB, la quatrième en sortant de ce verre dans l'air. Comme les quatre faces de ces deux verres entrent ici en considération, j'ai trouvé moyen d'en déterminer les demi-diamètres, en sorte que, de quelle couleur que soit un rayon de lumière , après avoir souffert ces quatre refractions, il se réunisse dans le même point, & que la diverse réfrangibilité ne produise plus de diverses images. Ces objectifs composés de deux verres & d'eau, tomboient d'abord trop dans le premier inconvénient, où les rayons qui passent près des bords forment un autre foyer que ceux qui passent par le milieu, mais après des recherches bien peinibles, j'ai trouvé moyen de proportionner les rayons des quatre faces, de façon que ces objectifs composés duflent être délivrés tout-à-la-fois des inconvénients de l'une & de l'autre classe. Mais il falloit exécuter si exactement pour cela toutes les mesures prescrites par le calcul, que la moindre aberration faisoit échouer tous les avantages qu'on en attendoit, de sorte que je ne voulus plus insister sur la construction de ces objectifs. D'ailleurs ce projet ne remédieroit qu'aux inconvénients qui sont à craindre de la part du verre objectif, & le verre oculaire ne manqueroit pas de produire aussi un effet à

D'ALLEMAGNE. 28\$ cheux, auquel'il est impossible de remédier de la même manière. On se fert souvent de plusieurs oculaires, pour construire des lunettes, comme Je Pexpliquerai dans la suite, ainsi qu'on ne gagneroit pas grand-chose si l'on s'arrêtoit trop {crupuleusement à un seul objectif, en négligeant les autres verres, quoique leur effet soit peu sensible relativement à celui de l'objectif. Mais quelques peines que m'aient coûté ces recherches, je dois avouer franchement, que je renonce entièrement à présent à la construction des objectifs composés de verres & d'eau; tant à cause de leur exécution trop difficile, que parceque j'ai découvert depuis d'autres moyens, non pas de "détruire l'effet de la diverse réfrangibilité des rayons, mais de le rendre insensible, J'aurai l'honneur d'entretenir V. À. là-dessus l'ordinaire prochain. le 27 Mars 1762. L'ET; TRE: CCXIX, Lorsque les télescopes à réflexion sont venus en vogue, on a tellement décrié les lunettes à réfraction, qu'on devoit croire qu'elles n'auroient plus d'autre sort que d'être rejetées entièrement. Aussi a-t-on dès lors négligé tout-à-fait leur construction, dans

286 LETTRES À UNE PRINCESSE la ferme persuasion que tous les {oins qu'on se donneroit pour les perfectionner, feroient inutiles, puisque le grand Newton avoit démontré, que les effets fâcheux de la diverse réfrangibilité des rayons, étoient absolument inséparables de la construction des lunettes. Suivant ce sentiment, aucunes lunettes ne fauroient nous représenter les objets qu'avec une confusion d'autant plus insupportable ; que le grossissement feroit plus grand. Cependant, quoiqu'on trouve des lunettes extrêmement défectueuses à cet égard, on en trouve au{li quelquefois de très-bonnes, qui ne cèdent en rien aux télescopes à réflexion tant vantés. C'est sans-doute un très-grand paradoxe ; car si ce défaut étoit bien fondé ; on ne devroit en trouver aucune qui en fût exemte : par conséquent cette exception dont l'expérience nous assure, mérite toute notre attention. Il s'agit donc d'approfondir, pourquoi quelques lunettes représentent assez nettement les objets, & que d'autres ne font que trop affaiblies au défaut causé par la différente réfrangibilité des rayons. Je crois en avoir découvert la raison & je vais la proposer à V. À. par les réflexions suivantes. 1. Il est très-certain que le verre objectif représente une infinité d'images de 'chaque F- objet, qui se trouvent toutes rangées sur l'espace de diffusion ; & dont chacune

me il D'ALLEMAGNE. 287 est teinte de sa propre couleur, comme je l'ai prouvé dans ma lettre précédente. H. Chacune de ces images devient un objet par rapport au verre oculaire, qui représente chacune séparément avec la couleur qui lui est propre, de sorte que l'œil découvre par la lunette une infinité d'images disposées dans un certain ordre, {elon la réfraction des verres. III. Et si, au lieu d'un verre oculaire, on en emploie plusieurs, il arrivera toujours la même chose, & au lieu d'une image, la lunette en représentera une infinité à l'œil, ou bien une file d'images, dont chacune exprime à part l'objet, mais d'une couleur particulière. IV. Considérons donc Tab. IX. fig. 15. les dernières images que la lunette offre à l'œil placé en O; & soit R7 l'image rouge, & V'o la violette, celles des autres couleurs se trouvant entre ces deux selon l'ordre de leur différente réfrangibilité. Je n'ai pas indiqué dans cette figure les verres de la lunette, puisqu'il s'agit uniquement de quelle manière l'œil voit les images. Il faut seulement envisager la distance de l'œil O jusqu'à elles comme très-grande. V. Toutes ces images R'7 & Vr avec les moyennes, sont donc situées sur l'axe de la lunette ORV, & terminées par une certaine ligne droite #v, qui est nommée la terminatrice de toutes les images.

288 LETTRES À UNE PRINCESSE VI. Comme j'ai représenté ces images dans la figure, l'image rouge Ry est vue l'œil en C sous l'angle RO7r, qui est plus grand que l'angle VO. sous lequel est vue l'image violette Vo. Les rayons violets qui entrent de l'image V v; dans l'œil, se mêlent donc avec les rouges qui viennent de la partie Rÿ de l'image rouge KRr. VII. Par conséquent, l'œil ne fauroit voir l'image violette sans un mélange de rayons d'autres couleurs, mais qui "répondent à différents points de l'objet même, ainsi le point # de l'image rouge est confondu dans l'œil avec l'extrémité v de l'image violette, d'où doit naître une grande confusion. VIII. Or le rayon 7 O n'étant point mêlé par d'autres, l'extrémité vue paroitra rouge, ou bien l'image semblera bordée de rouge qui se mêle ensuite avec les autres couleurs successivement; de sorte que l'objet paroitra bordé des couleurs d'iris, ce qui est un défaut très commun dans les lunettes, auquel cependant quelques-unes sont moins sujettes que d'autres. IX. Si la plus grande image Ry étoit la violette & Vv la rouge, la confusion feroit également insupportable, avec cette seule différence que les extrémités de l'objet paroitraient alors bordées de violet au lieu de rouge. X. La confusion dépend donc de la position de la droite terminatrice 7 v par rapport à Ja

D'ALLEMAGNE: : 289 “a ligne VO, & la diverfité qui peut y avoir lieu; il en réfultera que la confufon fera tantôt plus’ grânde ;: tantôt plus petite. XI. Confidérons maintenant le cas, où les dernières images feprésentées par la lunette font tellement. arrangées que la droite terminatrice uv étant prolongée, pañle précifément dans. l’œil. Alors l’œil verra Tab. IX. fig: 16. par un {eul rayon vrO toutes les extrémités des images; & en général, tous les points qui répondent à un même point de l’objet, feront portés dans l’œil par un feul rayon; & par confequent ils y feront repréféntés diftinétement. ’XII Voilà donc! le cas, où il peut arriver que, non-obftant là diverfité des images, l’œil voie l’objet diftintement, fans qué diverfes parties en f{oient confondues enfemble, comme il eft arrivé dans le précédent. Cet avantage a donc lieu, lorfque la ligne terminatrice vr étant prolongée, pafle par le lieu de l’œil O. XIII. Comme l’arrangement des dernières images Rr & Vv dépend de la difpofition des verres oculaires, pour délivrer les lunettes du défaut qu’on leur reproche, il ne s’agit que d’arranger ces verres, enforte que la ligne terminatrice des dernières images vwr pale par l’œil; & les lunettes auxquelles cela arrive ; Pont toujours excellentes. le 30 Mars 1762. Toi. IIL. 4 &

D JR. rer, ; - en Le... {1 \ 290 LETTRES :A UNE PRINCESSE .
 LED TT Die GX x rafflemblant ce que j'ai expliqué jufqu'ici, V. À.
 conviendra aïfement, que c'eft une chofe bien rare & tres-précieute qu'une
 llunette excellente à-tous égards ,. & qui ne foit aflujettie à aucun défauts
 :puilqu'il faut avoir égard à tant de :circonfiances, dont chacune influe tres -
 effentiellement fur la conitruétion des bonnes ; comme le nombre des
 bonnes qualités eft confidérable , afin qu'aucune n'échape à notre attention,
 ä! {era bon de les mettre ici toutes à la fois devant les yeux de V. A. L La-
 première qualité regarde de groffiffement, & plus une lunette groflit les
 objets, plus elle -eft fans-doute parfaite, pourvû qu'aucune des autres
 bonnes qualités n'y manque. Or le groffiffement {e juge par le nombre de
 fois que le diamètre des objets paroît plus grand qu'à la vue fimple: V,'A. fe
 {ouviendra que cela arrive autant de fois dans les lunettes à deux verres,
 que la diftance de foyer du verre objectif furpañle celle de Poculaire. Dans
 les lunettes à plufiers verres ce jugement eft plus embarrafle. IT. La feconde
 qualité d'une bonne lunette eft la clarté. Elle eft toujours fort défectueule,
 lor{qu'elle repréfente les objets obfcurement,

D'ALLEMAGNE, 201 & comme dans un brouillard. Pour éviter cet inconvénient, il faut que le verre objectif ait une ouverture fufhifante, dont la mëlure fe règle {ur le groffiflement. Les artiftes ont déterminé que; pout groflir 300 fois, le diamètre de l'ouverture :de l'objectif doit être de trois poucés & pour tout autre groffiflement à proportion. Or lorique les objets ne {ont pas fort lumineux d'eux-mêmes, il eft bon de donner 4 Fobjectif une plus grande ouverture encore. II. La troifième qualité confilte dans la diftinction ou netteté de la repréfentation. Il faut pour cela que les rayons qui pañlent par les bords de l'objectif , fe réuniflent au même point que ceux qui pañlent par le milieu , ou que du moins l'aberration neoit pas {enfible. Quand on fe dert d'un objeif fimple , il faut que fa diftance de foyer durpañle une certaine limite, qui le rapporte au groffiflement. Ainfi quand on veut grofür 100 fois, il faut que la diftance de foyer de Pobjectif foit de 30 pieds au moins; deforte que c'eft la diftinction qui nous impole la néceflité de faire des lunettes fi exceflivement longues, lorfqu'on demande un très-grand groffiflement. Or pour remèédier à cet inconvénient, on peut fe dervir d'un objeétif compofé de deux verres, & fi les artiftes réuflifloient dans leur conftruétion, on feroit en état de racourcir les lunettes très-confidérablement pour le même 12

292 LETTRES À UNE PRINCESSE *eroffiflement*. V: A. voudra bien se fouvenir à cet écart de ce que j'ai eu l'honneur de dire fort au long sur ce sujet. IV. La quatrième qualité regarde aussi la netteté ou la pureté de la représentation, en tant qu'elle est troublée par la diverse réfrangibilité des rayons de différentes couleurs. j'ai fait voir de quelle manière il est possible de remédier à cet inconvénient ; & comme il est impossible que les images formées par les différents rayons {oient réunies dans une seule , il s'agit d'arranger les verres de la manière que j'ai expliquée dans ma lettre précédente, c'est-à-dire, que la ligne terminatrice. des dernières images, passe par l'œil. : Sans: quoi la lunette aura le défaut de représenter les objets environnés des couleurs d'iris, & ce défaut s'évanouît quand on arrange les verres de la manière. démontrée. Or il faut pour cet effet employer plus de deux verres, afin de pouvoir les arranger comme il faut. Je n'ai parlé jusqu'ici que des lunettes composées de deux verres, dont l'un est l'objectif & l'autre l'oculaire, & V. A. fait que leur éloignement est déjà déterminé par les distances des foyers, de sorte qu'on n'est plus maître d'y rien changer. Cependant il arrive, heureusement , que la ligne terminatrice , dont j'ai parlé passe à-peu-près par le lieu de l'œil, de sorte que le défaut des couleurs d'iris est presque insensible,

— ŷ. D'ALLEMAGNE. H 293 pourvu qu'on ait r  m  di   au
defaut. précédent, {ur-tout quand le groflifflement n'est pas tres-grand.
Mais, dans les groffiflemens confidérables , il eft bon d'employer deux
verres oculaires, pour anéantir entièrement les couleurs d'iris; puilque,
dans-ce cas, les moindres défauts étant également groffis, deviennent
infupportables. V.-La cinquième & dernière bonne- qualité des lunettes, eft
un grand champ apparent, {oit l'espace que la lunette nous découvre à la
fois. V.   . fe fouvient que les petites lorgnettes de poche ,; à un oculaire
concave, ont.le défaut d'un champ trop.petit, qui les rend incapables.:de
groflir beaucoup. L'autre espèce à oculaire conv  xe, 'eft moins fujette à ce
défaut, mais comme.elle repréfente les: objets renverf  s ; les lunettes de la
première espèce feroient bien préférables, fi elles nous d  couvroient un
plus grand champ, qui dépend de l'ouverture du verre oculaire ;, & V.   .
comprend aflez qu'on ne fauroit. augmenter cette ouverture à, volonté,
puifqu'elle elt, déterminée par fa diftance de foyer. . Or en employant deux
ou trois ou même plufieurs. verres oculaires, on a trouvé.moyen de rendre le
champ apparent plus grand; & c'elt une nouvelle raifon d'employer-
plufieurs verres, pour conftruire des lunettes qui foient bonnes à tous
  gards.    ces bonnes qualités, on pourroit encore 4143

294 LETTRES À UNE PRINCESSE ajouter celle-ci, que la
représentation ne soit pas renversée, comme dans les lunettes
astronomiques: mais il est aisé de remédier à ce défaut, si l'en est un, en
ajoutant encore deux verres oculaires comme je l'exposerai dans ma
prochaine lettre. le 3 Avril 1762. E B: T T R E " C C X X T j E me {uis arrête
bien long-tems aux lunettes composées de deux verres convexes, qui sont
connues sous le nom de tubes astronomiques, parcequ'on s'en sert
communément pour observer les étoiles. V. À. comprendra aisément que
l'usage de ces instrumens, quelque excellens qu'ils soient, se borne
uniquement au ciel, parcequ'ils représentent les objets dans une situation
renversée, ce qui dévient fort défagréable lorsqu'on veut contempler des
objets terrestres, que nous voudrions voir dans leur situation naturelle;
mais après la découverte de cette espèce de lunettes, on a bien vite trouvé
moyen d'y remédier, en doublant, pour ainsi dire, la même lunette. Car
puisque deux verres renversent les objets, ou représentent leurs images
renversées; en joignant une lunette pareille à celle-ci pour regarder les
mêmes images, elles feront renversées encore une fois, & cette seconde
représentation

D'ALLEMAGNE. 29\$ tation: nous offrira! les objets debout. De-
là nait une nouvelle. espèce. de lunettes, composées: de quatre verres; qu'on
nomme lunettes terrestres, puisqu'elles sont destinées. à contempler les
objets-terrestres.. Voici leur construction, Tab. IX, fig. 10. TL. Les quatre
verres A, B, C, D, enchâssés dans le tuyau MMNN représentent la lunette-
en - question; dont le premier A 'dirige vers les "objets est nommé
l'objectif, & les trois autres B, C, D, les oculaires. Ces quatre verres sont
convexes, & l'œil: doit être: placé au bout du tuyau: à une certaine
distance du dernier oculaire D; dont j'expliquerai la dé. termination dans: la:
suite: IT. Considérons. les effets que chaque verre doit produire,. quand:
Un objet Oo, qu'on regarde par la lunette: se trouve à une distance fort
grande; le-vert objectif représentera d'abord l'image de-cet objet en Pp à
la distance de son foyer; dont la grandeur est déterminée par la ligne droite
tirée de l'extrémité O; par le milieu du verre A; cette ligne n'est pas
exprimée dans la figure, pour. ne: pas trop la charger de lignes. II Cette
image Pp tient. eu de l'objet par rapport au second verre B, qu'on place de
manière que l'intervalle BP soit égal à sa distance de foyer; afin que la
seconde image en soit transférée à l'infini comme en Q3g,, qui fera
renversée comme la première T4

296 LETTRES À UNE PRINCESSE Php, &i:terminée par la ligne droite tirée du milieu. du verre B, par l'extrémité p. IV. L'intervalle entre ces deux premiers verres AB, est donc égal-à la somme de leurs distances de foyer; & si l'on tenoit l'œil derrière le verre B on auroit une lunette astronomique par laquelle on verroit l'objet O 0 en Q g; & vconféquemment renversé &'grofli autant de fois, que la distance 'A P surpasse la distance!B P. : Mais au lieu de Pæœil ; on place derrière. le verre B; à quelque distance , le troisiéme.verre C; par rapport auquel Pimage Qagit lieu. de objet, puisqu'il recoit effectivement: les rayons de cette image Qg, qui se trouvant à une tres-grande distance, le verre C en représentera l'image à la distance de foyer en KR. V. L'image Q gq étant à rebours,' celle Rr'feta debout, & terminée :par '4 ligne! droite, qu'on tireroit de l'extrémité q par le milieu du verre C, qui passeroit 'par le point r. Par conséquent les trois verres. A, B; C . ensemble , représentent Pobjet Oo en Rr 57 cette image Rr est debout. VI: Enfin,;on n'a qu'à placer le dernier verre de facon que l'intervalle: DR soit égal à {a distance de foyer ; ce 'verre'éloignera encore l'image Rr à l'infini, comme en \$s, dont l'extrémité s fera déterminée par la ligne droite qu'on tireroit du milieu du verre D, par l'extrémité 7, & l'œil placé derrière ce ver

D'ALLEMAGNE: 297 re, verra effectivement l'image Ss au lieu du véritable objet Oo. VII De-la il est aisé de juger combien de fois cette lunette: composée de quatre verres, doit grossir les objets; on n'a qu'à avoir égard aux deux couples de verres, AB & CD, dont chacune, séparément; feroit une lunette astronomique. La- première paire de verres A. & B seroit autant de fois, que la distance de foyer du premier verre A jusqu'à celle du second verre B; & c'est autant de fois que l'image, qui en est formée, Q a.,-est plus grande que le véritable objet Oo. VIII Ensuite 'cette image Q 9 tenant lieu de objet par rapport à l'autre paire de verres C & D, elle sera encore multipliée autant de fois, que la distance du verre C jusqu'à celle du verre D: : Ces deux grossissements joints ensemble, fournissent le vrai grossissement que les quatre verres produisent: IX: Si donc la première paire de verres A & B grossissoit 10 fois; & l'autre paire de verres C & D trois fois; la lunette grossiroit 30 fois, c'est-à-dire ,.-trente.fois les objets; & l'ouverture du verre objectif A, doit répondre à ce: grossissement, selon la règle que J'ai établie ci-dessus. X. V: A: voit donc; que si on ôte d'une lunette terrestre les deux derniers verres C & D, on aura une lunette astronomique; & que les deux verres C & D encreront une

298 LETTRES:-À UNE PRINCESSE auffr,: deforte qu'une-
lunette terreftre eft compolee de deux lunettes aftronomiques ; &
réciproquement, deux lunettes aftrono: miques jointes enfemble en
produifent une terreftre. Cette conftruction eft {ufceptible d'une infinité de
variations, les unes préférables aux autres, comme J'aurai Phonneur de
l'expliquer dans la fuite. le:6 Avril 1762. E:E:T DT RE: CCKXIE \WE : V7,
A.-vient de voir comment, en ajoutant deux vertes convexes à une lunette
aftronomique, il en réfulte une lunette terreftre qui nous réprésente les
objets debout. Les quatre verres, dont une lunette terreitre:oit compofée,
font {ufceptibles d'une infinite d'arrangemens diférens, tant par tapport à
leurs diftances, qu'a leurs. foyers. Je vais expliquer Tab. X. fig. 1. les plus
eflentiels. E Par rapport à leurs diftances,: j'ai déjà 'remarqué que celle des
deux premiets vertes AB eft la fomme de leurs'diftances de fovers, de même
que celle des deux derniers verres CD; chaque paire pouvant être 'tegardée
comme une lunette fimple ; compo

D'ALLEMAGNE. '299 fée: de deux verres convèxes. :Mäis quelle doit être la diftance entre les deux verres du milieu BC? Peut:elle etre laiflée à notre bon plaifir 2? Puifque, foit qu'on la prenhe 'grande ou petite, le-grofliffement, toujours compofé des deux. que chaque paire produitoit féparément ; demeuréle même. IL En consultant Pexpérience, on appercévra bientôt; qu'en 'âpprochant beaucoup les deux verres du milieu,°le champ apparent s'évanouit préfqe tout-à-fait, & c'elt ce 'qui arrive encore quand 'on les éloigne trop. Dans lun & lautreicas, vers quelqu'objet qu'on dirige la lunette, onin'en découvre qu'uné tres-petitité partie: III. C'eft pourquoi les artiftes approchent ou éloignent la dernière paire de verres de la première , jufqu'à ce' qu'ils découvrent le plus grand: champ ; & ne fixent les verres qu'après avoir trouvé cette fituation. 'Or ils ont obfervé que, dans cet arrangement le plus avantageux', la diftance des verres du milieu BC; eft toujours plus grande que la fomme des diftances de foyer de ces mêmes verres. IV. VA. jugera aifément que cétte diftance ne dépend point du hazard, mais 'qu'elle tite fa détermination de la théorie, & cela beaucoup plus exactement que par la feule expérience. Comme c'elt le devoir d'un phyficien de rechercher là caufe de tous les phénomènes que l'expérience nous. décou

300 LETTRES À: UNE PRINCESSE . vre, Je” vais donc.expofer
les vrais principes qui nous fournifient la diftance la plus avantageufe BC
entre les deux verres, du milieu. : Voyez Tab. X: fig. -2. V. Puisque tous les
rayons doivent être conduits-à l’œil, confidérons la route: de celui qui,
venant de l’extrémité o de. l’objet vifible,-pañle par le milieu À du verre
objectif: car fi ce rayon n’eft pas conduit dans: l’œil, cette. extrémité one ;
fera pas vifible: or ce rayon ne:fouffre aucune réfraction. dans le
verre::objectif,. parcequ’il pañle par fon. milieu À ; il continuera donc fa
route en ligne- droite jufqu’au: fecond verre, qu’il rencontrera à {on
extrémité, b, puisque c’eft le dernier rayon ctranfmis par les verres. VE:..Ce
rayon étant, rempu par le fecond-verre-changera de-route , enforte qu’il
rencontrera duslque part en:#1 Vaxe -des-verres:; ce qui arriveroit dans {on.
foyer, fi le rayon À b avoit été. parallele à:-l’axe;. mais. puisqu’il fort du:
point À, 4 {a réunion! avec laxe en #-fera, plus éloignée, du verre.B,, pue {a
diftance de foyer. VIL.; Maintenant, il. faut placer: le troifième verre:C.
enforte-que'le:rayon!, après avoir averfé l'axe en: le:rencontre préoifenent à
{on extrémité e5 d’où, l’on voit que plus Pouverture. de ce verre Cet:
grande, plus on doit le reculer du verre B, & plus la diftance BC-devient
grande; mais de lau

D'ALLEMAGNE. 301 tre côté, il faut bien se garder d'éloigner le verre C au-delà, puisqu'alors le rayon lui échapperait & n'en seroit plus transmis; c'est donc cette circonstance qui détermine la juste distance entre les deux verres du milieu BC, conformément à l'expérience. VIII Ce verre C produira une nouvelle refraction! dans notre rayon, qui doit le conduire précisément à l'extrémité d du dernier oculaire D, qui, plus petit que C, rendra la ligne c d un peu convergente vers l'axe, & souffrira ainsi dans le dernier verre une réfraction telle, qu'il en soit réuni avec l'axe à moins de distance que son foyer; & c'est là précisément qu'il faut placer l'œil, pour recevoir tous les rayons transmis par les verres, & y découvrir le plus grand champ. IX. On est en état par ce moyen de se procurer un champ, dont le diamètre est presque deux fois plus grand que dans les lunettes astronomiques du même grossissement. On obtient donc par ces lunettes à quatre verres, l'avantage que les objets sont représentés debout, & celui d'un plus grand champ; ce qui est d'une très-grande conséquence. X. Enfin il est possible de trouver un arrangement entre ces quatre verres tel, que sans porter aucune atteinte aux avantages dont je viens de parler, les couleurs d'iris s'évanouissent entièrement, & que les objets y soient représentés avec la plus grande

1 302 LETTRES À UNE PRINCESSE netteté. Mais peu
d'artifites font capables d'atteindre à ce degré de perfection. le 10 Avril
1762. FCRRRDSS CPU DER RE LEE Te RoErr GOXXA IE À PRÈS ces
recherches fur la conftruction des lunettes, je dois rendre compte a V. :A.
de-quelques précautions très - néceflaires qui, quoiqu'elles ne regardent ni
les verres mêmes, ni leur arrangement, ne daiflent pas d'être de la plus
grande importance, deforte que, fi lon ne les obferve pas très-
foigneufement, la meilleure lunette devient tout-àfait inutile. Il ne fuit pas
d'arranger les verres de façon que tous les rayons qui y tombent, 4oient
tran{mis au travers dé ces verres dans lœil, il faut outre cela empêcher que
les rayons étrangers ne {oient aufhi tranfmis par la lunette, afin qu'ils ne
troublent pointla représentation. 'Il faut donc prendre les précautions
luivantes. 1, Les verres, dont une lunette elt compofée , doivent être
enfermés dans un tuyau, afin que point d'autres rayons que 'ceux qui font
tranfmis par Pobjectif, ne puiflent parvenir aux autres verres. Pour cet effet
le tuyau doit être 'bien fermé partout , afin

D'ALLEMAGNE. 303 qu'aucune lumière ne puisse y entrer par quelque fente. : S'il arrive par quelque accident que les tuyaux soient percés d'un trou, la lumière étrangère qui y entre, étouferoit la représentation des objets. II. Il est au fort important que l'intérieur du tuyau soit bien noirci partout, & même d'un noir très-foncé, puisqu'on fait que la couleur noire ne réfléchit point de rayons, quelque forte que soit la lumière qui y tombe, Aussi V. A. aura déjà observé, que les tuyaux de lunettes sont noircis en dedans. Une seule réflexion en fera voir la nécessité. AI. L'objectif Tab. X. fig. 3. ne transmet pas seulement les rayons des objets que la lunette nous représente, mais aussi ceux des côtés qui y entrent tout autour en grande abondance, tel est le rayon ba qui tombe en dedans sur le parois du tuyau en 7; si donc le tuyau étoit blanc ou d'une autre couleur en dedans il en seroit éclairé, & engendreroit par lui-même de nouveaux rayons de lumière, qui ne manqueroient pas de traverser les autres verres, & de troubler la vision en se mêlant avec les propres rayons des objets. IV. Mais si l'intérieur du tuyau est teint d'un noir bien foncé, il ne s'y forme point de nouveaux rayons quelque éclairé qu'il puisse être. Cette noirceur est nécessaire par toute la longueur du tuyau, puisqu'il n'y a point

A 304. LETTRES À UNE PRINCESSE de noir fi foncé qui, étant éclairé, n'engendre quelque foible lumière;: ainfi, quand ème quelques rayons étrangers pafleroient par le fecond verre B, le noir du tuyau fuivant les éteindroit aifément tout-à-fait. Il y a auf un noir brillant, dont il faut bien fe garder de l'e fervir. V.. Mais ordinairement cette précaution n'elt pas fuffifante, oneft encore obligé de garnir l'intérieur du tuyau d'un ou de quelques diaphragmes percés d'un petit trou, pour arrêter d'autant mieux la faufle lumière; mais il faut bien prendre garde que ces diaphragmes n'excluent point les rayons des objets que: la luñette doit nous repré: fenter. Voyez la fg. 4. Tab. X. VL Il faut voir où les propres. rayons des objets fe trouvent le plus rétrécis dans le tuyau; ce qui arrive dans le lieu ou les images y {ont reprélentces; puilque les rayons {ont tous réunis là enfemble. Or le verre objectif À reprélente l'image dans fon fover en M, on na donc qu'à eftimer la grandeur de cette image & y mettre un diaphragme dont le trou #1 #"1: lui loit égal, ou tant {oit peu plus grand. Car fi le trou étoit plus petit que l'image, on. perdrait fur le champ apparent, ce qui feroit un grand défaut. VII C'eft donc ce qu'il y auroit à obferver fur le diaphragme dans les lunettes aftronomiques compolées de deux verres convèxes. Dans

D'ALLEMAGNE: 30\$ F Dans les lunettes terrestrès il se trouve deux images représentées dans le tuyau; outre la première en M représentée par l'objectif dans son foyer; & que le second verre B transféré à l'infini, le troisième verre C. représente encore une image dans son foyer N qui est debout, celle-là étant renversée. C'est donc en N° qu'il convient de placer encore un nouveau diaphragme percé d'un trou 7 de la grandeur de l'image qui s'y trouve. VII Ces diaphragmes avec le noir de l'intérieur du tuyau produisent aussi un très-bon effet dans la netteté de l'apparition.. Cependant 'il faut: bien observer; que plus le champ que la lunette découvre est grand, - moins on pourra s'attendre à ces diaphragmes; puisqu'alors les : images deviennent - plus grandes, de sorte que les trous des diaphragmes doivent être si grands; qu'ils ne faussent plus arrêter les faux rayons. Mais il faut alors d'autant plus soigneusement bien noircir l'intérieur du-tuyau, &:lé faire plus large, ce qui diminue beaucoup l'effet fa. ceux dont je viens de parler: de 13 Avril 1762: Tom HIT. | V

= = re pr 306: LETTRES: A UNE: PRINCESSE Rs in ne à l'E
ETLRE. GCX XIV. j E ne: doute pas que V. A: ne: soit fort aïe- l de fe. voir
enfin délivrée de la-: fêche théorie -des lunettes;: qui: na prèsque:: d'autre -
agrément que celui de mener aux grandes découvertes qu'on a faites par leur
{ecours. 19 Quelle: surprise n'éprouve-t-on: pas: de voir les objets fort
éloignés, au lieu bien que ces étoiles étoient cent. & plusieurs fois plus: près: de:
nous) sur-tout: lorsqu'il nous: est-impossible d'en. approcher, .comme il
arrive: par: rapport aux objets célestes! & V.. À. tombera aisément: d'accord,
: qu'à l'aide des lunettes:, on a dû découvrir dans les 'étoiles des. choses
bien merveilleuses. Envoyant la lune:- cent fois plus proche qu'elle n'est
effectivement, on peut: y observer des inégalités très: curieuses, comme des
vallées &. des hauteurs excessives, qui ressemblent: plutôt.,_ par. leur:
régularité; à: des: ouvrages construits à dessein qu'à des montagnes. L'on
entend un argument: bien, fort; pour prouver que la lune 'est: habitée 'par:
des:- créatures raisonnables, quoique la seule contemplation de la toute-
puissance, jointe à la souveraine bonté & bonté du créateur nous en
fournisse de plus convaincans. C'est ainsi qu'on a fait les découvertes les:
plus importantes sur les planètes qui, à la simple vue, ne paroissent que des
points lu

RE ee D'ALLEMAGNE, « : : .f 307 minèux,.mais
 quisnresgardées à travers” de bontes lunettes, reflembent ‘à la June ;:& pa:
 roiflent:mème beaucoup plus grandes encore. V. À: ne fera pas:peu {urpile;
 quand } au: tai l'honneur de l’aflürer qu'avec la meilleure lunette; qui
 groflit:plus de 200 fois, les étoiles fixes ne laiflent pasc de nous paroître
 comme des points , @& mème plus petites encore qu'à: larvue fimple ; ce
 qui eft d'autant plus furprenant,;. qu'il:eft certain que la: lunette nous!les:
 réprésente:-telles que nous les verrions, fi nous-en étions 200 fois plus près.
 Ne; devroit-oh pas -én: conclure queles lunettes perdent leur: qualité: à ‘cet
 égard ? Mais:cette idée s’évanouitbientôt, : quand’ on confidère qu'elles
 nous: découvrent des millionside petites étoiles qui échaperoient
 entièrement aux yeux!) fans.-leur fecours : Auf voyons nous les intervalles
 qui fe trouvent entre les étoiles incomparablement plus:grands ; &."deux
 étoiles qui, à la vue imple, paroillent prefque fe toucher, :lont: befoin- que
 d’être:regardées à travers:- la. -lunette;;-pour ‘que: lon remarque entr’elles.
 une. diftance! confidérable;; ce qui prouve : {ufffamiment l'effet de la
 lunette, Qu’elle: eft' donc la raifon qui fait que les étoiles fixes nous-
 paroiffent plus petites à travers qu'à la vue fnple ?-Pour
 répondretà:cettequeltion, je remarque d’abord que les étoiles fixes nous
 paroïffent plus grandes à la vue fimple :qu’elles ne devroient, & que cela
 vient d’une faufle lumiéré qui s’y joint, caufée par V 2

L « m1 At Lt On | ! LE HR 4 ana I L | 114 { | 7 4! 4 | FH Î 1 } 1 41
 !! EN | 1 : 2e 1 1 h L | [pr te Ant AS eee an ere LES T VERS = — di LE =
 2. 24, : - : — E — = = = - ——— . Eee me € 52 z y : ——— - 1 om, ? PERTE
 ses = ZT TZ de = me — — # | ge 11 5 ie 7e at tit RE TT ee TT TE Pommes 1
 Bemgr-me 1 en - — — _ = ——— " — ——— = 4 4 308 LETTRES À UNE
 PRINCESSE leur éclat. En effet; ‘quand les rayons qui partent d’une étoile
 viennent en peindre l’iñia: ge au fonds de Pœil {ur la rétine, nos nerfs uen
 font frappés que dans un point, mais par l’éclat de la lumière, ‘ les-netfs
 voifins er font auflî: ébranlés, : & produifent ie même fentiment que l’on
 éprouveroit fi l’image de l’objet dépeint {ur la rétine, .étoit beaucoup plus
 grande. C’eft ce ‘qui ‘arrive quand: nous regardons de nuit une lumière fort
 éloignée. Elle nous paroît beaucoup:-plus grande, & même plus que fi
 nousla-voyons de près; cet aggrandiffement weft çaufe que par une fauñe
 lueur. -Or plus une lunette groflit,' plus: ect accident doit diminuer, tant.
 parceque les rayons fouffrent quelqu'affoibliffement , que par: ceque la
 véritable image {ur le fonds de l'œil devient plus grande: deforte que ce
 n’eftplus un feul point qui fountient toute l’impreflion des rayons. Ainfi,
 quelque petites quel nous paroiffent les étoiles à travers une lunette, on peut
 prononcer hardiment, qu’à la vue fithÿle elles nous paroîtroient ‘encore
 beaucoup plus _ petites fans cette faufle-lumière accidentelle, & cela autant
 de fois que la lunette groflit, Il s'enfuit de:là que; puifque les étoiles fxes ne
 paroiffent que comme des points , malgré qu'elles foient groflies:200 fois,
 leur: éloi: gnement doit être exorbitant. : Il {era fort aifé à V. À. de
 comprendre comment on peut eftimer cette diftance. «Le diamètre du loleil
 nous paroît {ous un angle de 32 minutes:

D'ALLEMAGNE. 309 fi donc le foleil étoit 32 fois plus éloigné, il paroîtroit fous un angle d'une minute, & ainfi, beaucoup plus grand encore qu'une étoile vue par la lunette, dont le diamètre n'excede pas deux fecondes ou la trentième partie d'une minute. Il faudroit donc que le foleil fût encore 30 fois plus, c'eft-à-dire, 960 fois plus éloigné, avant qu'il ñe nous parût pas plus grand qu'une étoile fixe obfervée avec le fecouts de la lunette. Or les étoiles font 200 fois plus éloignées de nous que la lunette ne nous les reprélente, & conféquemment le foleil devroit être 200 fois 960, c'eft-à-dire, 192000 fois plus éloigné qu'il n'eft, avant que de ne pas nous paroître plus grand qu'une étoile fixe. Par conféquent, fi les étoiles fixes étoient des corps aufli grands que le foleil, leurs diftances feroient 192000 fois plus grandes que celle du foleil: fi elles étoient encore plus grandes, leurs diftances devroient être encore autant de fois plus grandes, & en les fuppofant même plufieurs fois plus petites, leurs diftances devroient toujours être plus de mille fois plus grandes que celle du foleil. Or la diftance du foleil eft environ de 15,000,000 milles d'Allemagne. V. À. ne concevra pas fans - doute, fans le plus grand étonnement, cette diftance prodigieufe des étoiles fixes, & l'étendue entière du monde. Quelle. doit être la puiffance de celui qui a créé cette immenfité, & qui en V3

210 LETTRES À 'UNE! PRINCESSE est le maître absolu?

'Adorons-le avec la 'plus profonde foudrification. le 17 Avril 1762; LETTRE CCXXV. 7. À. aura bien déjà remarqué que, lorsque la lune {e lève, ou {e couche, elle nous paroît beaucoup plus grande que lorsqu'elle {e trouve au haut du ciel: & tout le monde con: vient de ce phénomène. On fait la même observation par rapport au soleil. : Cette apparence a toujours embarrassé les philosophes & de quelque manière qu'on l'envisage, on rencontre des difficultés presque insurmontables. | Il feroit ridicule de vouloir en conclure que le corps de la lune soit en effet plus grand lorsqu'elle paroît dans l'horizon, que lorsqu'elle est plus élevée. (Car, outre que cette idée feroit absurde en elle-même, il faut considérer que, quand la lune nous paroît à l'horizon, elle paroît à d'autres habitans de la terre plus élevée & ainsi plus petite. - Or il est impossible que le même corps soit, en même tems, plus grand & plus petit. Il feroit presque aussi ridicule d'expliquer cet étrange - phénomène en supposant que: la lune {oit plus près de nous lorsqu'elle nous pa

ỹ D'ALLEMAGNE: LL Sr toit dans l'horizon, que quand elle eft
 fort élevée; par: la certitüde qu'un corps nous -patoit d'autant plus grand
 qu'il eft plus proche de nous, & V. A: Aaitque plus un objet eft éloignés
 "plus il nous paroît petit. :C'eft precifément par cette railon que les 'étoiles
 nous paroiffent {à extrêmement petites , quoique leur véritable grandeur foit
 prodigieufe. | Mais toute probable que femble cette idée, elle 'ne fauroit
 avoir lieu. Il y à même plus de certitude que la 'lune ft plus éloignée 'de
 nous lorfqu'elle fe.lève où qu'elle fe couche ; que lôrqu'elle eft plus
 élevée: en voici la demonftration, Tab. X: fig. \$ Soit le cercle ABDT la
 terre, & que la lune fé trouve! en: [+ Cela pofé, un habitant en À verra la
 lune dans fon zénith, ou au -plus hâut point du ciel. 'Or un autre habitant en
 D, où la ligne DL frife la furface de la terre, verra la lune en même tems
 dans fon hori,. zon, deforte que la lune paroïtra en même tems à
 fpectateur À dans fon zénith, & à l'autre fpeétateur D dans fon horizon.
 Mais il éft clair que la derniere diltance DL eft plus grande que la première
 AL, & par conféquent la lune eft plus éloignée de ceux qui la voyent à
 Fhorizon, que de ceux qui la voyent près de leur zénith. Il s'enfuit
 ouvertement de-là, que la lune étant vue à Phorizon devroit nous paroître
 plus petite, puifqu'elle 'eft effectivement plus 'éloignée de nous, que
 lorfqu'eille eft fort élevée. Il y: a donc V 4

se ST ns, Te — 312 LETTRES À UNE PRINCESSF à s'étonner que nous obfervions précifement le contraire, & que la lune nous paroiffe beau: coup plus grande, quand nous la voyons près de l'horizon. qu'au milieu du ciel. Plus on apérofanait ce phénomène, plus on le trouve étrange, & plus il mérite notre attention: puifqu'il eft certain que la lune étant plus éloignée à l'horizon devoit nous paroître plus petite, & que cependant tout le monde foutient unanimement qu'elle paroît alors confidérablement plus grande. Cette contradiction eft évidente, & femble meme renverfer tous les principes établis dans l'optique, qui néanmoins font aufli bien démontrés que ceux de la géométrie. Je crois avoir mis 'dans tout fon jour l'embarras où nous nous trouvons à cet égard , pour faire d'autant mieux {entir à V. À. "Pime portance du véritable dénouement de cette grande difficulté. Sans entrer dans l'examen de ce jugement général de tous les hommes fur la prodigieufe grandeur de la lune dans l'horizon, je m'arrêterai à la queftion principale: s'il eft vrai que la lune étant près de horizon ,; nous paroît effectivement plus grande ? V. A. fait qu'on a des moyens très-{ûrs de mefurer éxaêtement les diamètres des corps céleftes, en aflignant le nombre des degrés & des minutes qu'ils occupent dans le ciel: on ce qui revient au même, en melurant Tu. X. fig. 6. l'angle EOF que forment les lignes

D'ALLEMAGNE 313 EO & FO tirées des bouts opposés de la lune, à l'œil du spectateur O: & cet angle EOF est ce qu'on nomme le diamètre apparent de la lune. On a aussi des instrumens très-propres à déterminer -exactement cet angle; or quand on s'en sert pour mesurer le diamètre de la lune, d'abord à son lever & ensuite lorsqu'elle est montée bien haut dans le ciel, on trouve effectivement. son diamètre un peu plus petit dans le premier cas que dans l'autre, comme l'inégalité des distances l'exige. Il n'y a aucun doute: à former sur cet article mais, par la même raison, notre difficulté au lieu de diminuer-augmente, & l'on demandera avec d'autant plus d'empressement, pourquoi tout le monde juge la lune. plus grande à son lever & à son coucher quoique son diamètre apparent soit alors effectivement plus petit ? Et quelle-est la raison de cet éblouissement général chez tous les hommes. L'astronome, qui fait parfaitement que-le diamètre apparent de la lune est plus petit alors, s'y trompe comme le paysan le plus ignorant. le 20 Avril 1762,

>. — = : } e CU .: N , Î LD: | | Ï ill 1 OUR : ni : : | i k 1 L'UIN
 UUENIRR .: H'IRHAEN F | HT | L (A | Ali! 0e | # qu | | : | 4 : (l [1l n | Î
 MO! | {A0 EM | : {h | | | He | . Le AU R 2) | : Î 'Al 1 (114 1 A Wu 1 RE h ll
 RL (Bi | | Q'IHIE 1 L 44 : : PAR EL | nt À | UN ñ | AIR ù MI LATE | TU | |
 all pull nids! (IN E 1! 4 { | 1! L | : ' || 14! 1 | 1 MEME ! (4 | : 4 1! Î ' : rte | : [I
 In J : RAA | |! tu j : \ Ai L'Et (l Î 4l LE : : au lt AU LA LR : / | { | , AMIS
 UC 1 ù d 1 INATEN | 1l\1HAten| VER 10 118 : An - "IF qL | : Han N 1 D
 Cul AA Hi : | [ED | Wa \ M1 | 14l ten | ni {fl 1 : h L 4 Al FL Î 1! : | [M | 4 : |
 | HI : H'I "1 | (IT | ! (l 1 | 11H 72e : } : Eu | 14l 112 + } Î ? 1 : | À à : | { LI :
 4l | à fl il | 1 ss \ | | \! NINIE UE : l M1 | : 4 : À (L en. qe, S14 LETTRES À
 (UNE! PRINCESSE ee à LE SETR E :CCX XVI. NV. A: n'auroit pas cru
 que la fimple apparition de Ja lune fût aflujettie à tant de dif ficultés ; mais
 j'efpère de' les applanir par les réflexions fuivantes. [. Il n'eftipas étonnant-
 que notre jugement fur la:grandeur des objets ne {oit pas d'accord avec:
 l'angle vifuel fous lequel nous 'les voyons : l'expérience Joutnalière nous en
 fournit aflez de preuves. Un chat, par exemple, fe prélente devant moi: fous
 un angle plus grand qu'un bœuf à la: diftance de: 100 pas. Cependant je: ne
 m'aviferaï pas de juger le chatiplusi:grand que le bœuf: & V. A. voudra bien
 {e-fouvenir que notre jugement fur la grandeur des chofes :eft toujours très-
 intimément lié avec celui de la diftance; deforte que fi nous nous trompons
 dans l'eftime de la diftance, 'notre jugement fur la grandeur devient
 néceflairement faux. IL. Pour mieux éclaircir ceci, il arrive quelquefois
 qu'une mouche pañlant fubitement devant.ños yeux, fans que nous y
 penfions ; fi notre vue eft fixée fur des' objets éloignés, nous imaginons
 d'abord que la mouche ef fort éloignée de nous, & comme elle nous paroît
 {ous un angle aflez confidérable, nous la prenons au premier infant pour un
 gros oieau qui, dans l'éloignement, nous paroïtroit

D'ALLEMAGNE: | 231\$ fous le même angle. Il est donc incontestable que notre jugement {ur la grandeur des objets ne se règle point sur l'angle visuel sous lequel ils {ont vus, & qu'il y a une très-grande différence entre la! 'grandeur apparente des objets & la grandeur jugée: ou estimée: la première se règle sur l'angle visuel, & l'autre dépend . 'de la distance à laquelle nous jugeons que les 'objets sont-cloignés. IL Pour profiter de cette remarque , fab ferve que nous ne' devrions pas 'dire,: que nous: voyons la lune plus grande à l'horizon', qu'à une hauteur considérable. - Cela est ab: solument faux, & nous la voyons même tant soit peu plus petite; : Mais pour parler exactement, il faut dire que nous jugeons° & :estimons la lune plus grande, lorsqu'elle se trouve dans l'horizon : '&ricela est vrai au 'pied de la lettre, du consentement unanime de tout le monde. Cette remarque sert pour diffuser la :contradiction rapportée ci-dessus; & rien n'empêche que la lune à son lever ou à son coucher' ne puisse être jugée ou estimée plus grande, quoiqu'elle soit vue sous un angle plus petit. | IV. Il ne s'agit donc plus d'expliquer pourquoi nous voyons la lune plus grande 'à l'horizon ; ce qui feroit impossible , puisqu'elle nous paroît effectivement. plus petite, comme on peut le prouver par la mesure de l'angle visuel.. La difficulté :se réduit donc à cette question : pourquoi jJugeons - nous, ou esti:

316 LETTRES À UNE PRINCESSE mons-nous la lune plus grande alors ?. Ou plutôt il faut rendre raifon de cette eftime bizarte.. : La chofe n'eft plus furprenante en elle-même , puifque nous connoiffons mille cas où nous jugeons des objets fort grands, malgre que-nous les voyons fous de très - petits angles. V. Nous n'avons donc qu'à dire que, lorfque la lune fe lève ou fe couche, nous la-jugeons plus éloignée de nous, que lorfqu'elle eft montée à une certaine hauteur. Des qu'on convient de cette eftime, quelle qu'en puiffe être la caufe, il s'enfuit néceffairement que nous devons auf juger la lune-d'autant plus grande. Car toujours, plus nous, eftimons qu'un objet elt éloigné, plus nous préfumons qu'il eft grand, & cela précifément dans le même rapport. Dés que je m'imagine par quelqu'illufion que ce {oit, qu'une mouche qui pañle devant mes yeux fe trouve à la diftance de. 100 pas, je fuis obligé ,. prefque malgré moi, de la juger autant de fois plus grande ; que 100 pas {urpañlent la véritable diftance de la mouche à mes yeux. VII Nous voilà donc réduits à une nouvelle queftion : pourquoi eftimons-nous la lune plus éloignée de nous, lorfqu'elle fe trouve dans l'horizon ? Et pourquoi cette illufion eftelle fi générale, que perfonne n'en eft exempt? Car l'illufion de s'imaginer que la lune foit alors beaucoup plus éloignée de nous eft bien étrange. Il eft bien vrai que la lune

D'ALLEMAGNE. 317 est en effet alors un peu plus éloignée, comme je lai fait voir dans ma lettre précédente, mais la différence est si petite qu'elle ne fauroit être sensible. D'ailleurs, le soleil, quoique -100 fois plus éloigné que la lune, ne nous paroît pas tel, & notre vue rapporte même les étoiles fixes presque à la même distance. VII Ainsi, quoique la lune étant à l'horizon soit effectivement un peu plus éloignée, cette circonstance n'entre pour rien dans la question présente, & cette erreur universelle par laquelle tout le monde juge alors la lune a plus de distance qu'elle n'est réellement, doit être fondée sur des raisons tout-à-fait différentes, & capables d'éblouir tout le monde. Car puisque cette erreur est indubitablement fautive, il faut que les raisons qui nous y déterminent, soient bien frappantes. VIII Plusieurs philosophes, pour expliquer ce phénomène, ont soutenu que la raison en étoit, que nous découvrons beaucoup d'objets entre nous & la lune, comme des villes, des villages, des forêts & des montagnes; ce qui est cause, selon eux, qu'elle nous paroît alors beaucoup plus éloignée ;: au lieu que lorsqu'elle est fort élevée, nous n'observons aucun corps entre elle & nous; ainsi, disent-ils, elle doit nous paroître plus près. Mais cette explication ; -quelque ingénieuse qu'elle semble au premier coup d'œil, ne fauroit être admise. En regardant la lune dans l'horizon par quelque trou qui nous cache les objets

RSS _ Le | réiinnnnn ù _ QE pe IS LETTRES::A UNE
 PHENCESSE intermédiaites', elle ne:laifle pas de nous pas roître plus.
 grande. Outre -cela, nous n'efti: mons-pas toujours que les-objets, ente-
 ilefs quels, nous. découvrons plüufieurs autres Corps oient-.plus : éloignés.
 + Une.:gtande falle, par exemple,-tout-a-fait vuide, nous paroït ordi-
 uairernent plus étendue; que fi elle eft reme plie de monde, malgré: la--
 quantité d'objets que nous voyons alors entre nous & -les muse railless ni |
 355 de: 24 Avril 17624 54 LETTRE CCXXVILE du 1 N ous voil 'donc
 «encore..fort éloignés: de l'explication de cette illufon--univerfelle :pour
 tous leshommes ,: {ans exception., que: :là: lus né paroïtrbeaucoup.
 plus:grande dans l'horizon,. que -quandelle eft fort élevée. - J'ai déjà
 remarqué que ce'phénomène eft d'autant plus: bizarre, que le diamètre:
 apparent: dela luné eftmême alors tant-{oït peu pluscpetit:: deforte qu'on
 :devroit dire-que nous në:voyons:pas alors la lune plus erande ,; mais que
 nous la jugeons telle, Auffi ai-je obfervé que, mr A a notre jugement difère
 beaucoup de la vifion même. Nous-n'héfitons pas, par exemple; de 'juger
 qu'un gheval éloigné de. 100 pas: elts plus

D'ALLEMAGNE:11 1:21 619 arand qu'un chien 4 un pas de
 distances quoi. que la! grandeur apparente: du chien {oit fanscontredit plus
 grande, ou, ce :quii revient ausmême, quoiquel'image du chiendépeinte au
 fonds de l'œil; Loit: plus grande :que-'celle du: cheval. Notre jugement
 dans:ces! cas a égard.à la distance, .& jugeant le cheval beaucoup. plus
 éloigné-que le-chien, nous 'décidons qu'il est beaucoup plus erand. Il'est
 donc tres: vraifemblable que la même circonstance a lieu dans: la vision
 dela dune , &nous fait juger la lune- plus éloignée dans l'horizon, que
 lorsqu'elle est fort élevée. : A Pégard du -cheval, cé: jugement : de la
 distance étoit:fondé {ur la vérité, mais ici, comme il est-abfolument faux,
 !c'est une illusion étrange, qui doit. pourtant avoir 'un certain. fondement,
 puisque: tout le monde: en convient ;;&iqu'on ne fauroit J'attribuer au
 caprice. 4: En:quoi peut-il. confister ? C'est ce dont je Vais 'entretenir ;V.-A,
 L- Tout. le monde se représente le bleu du -ciel: comme une-voute:aplatie
 ;; dont: le sommet est beaucoup plus près:de: nous que le bas;;, :ou-ellé se
 confond avec l'horizon. Ainsi,; un homme placé sur une:plaine AB Tab. X.
 fig.-7: qui s'étend au loin que fa vug!, : apperçoit: la voute du :Ciel,
 'qu'on nomme -communément firmament, 'sous la figure. AEFB ,lou:iles
 distances CA & CB -sont beaucoup:plus grandes que celle du Zenith:a €.

320 LETTRES À UNE PRINCESSE II. Cette idée est auili, fans contredit, une très-grande illufion, puifque rien n'est borné ou fermé au-deflus de nous par une telle voute.. :C'est un vuide d'une étendue immense, puifqu'il va jufqu'aux étoiles fixes les plus éloignées ; dont la diftance furpañle toute la force de notre imagination. Je me fers du mot vuide, pour l'oppofer aux corps grofiers de la terre. Car; près de la terre, c'est notre atmofphère qui occupe l'efpace, & , plus loin, c'est cette matière beaucoup plus fubtile qu'on nomme l'éther. : | TITI: : Cependant , quelqu'imaginaire que foit cette voute ; elle est très-réelle dans notre imagination, & tous les hommes, favans & idiots , {ont dans la même illufion: C'est prèsque à la furface de cette voute que nous nous représentons le {oleil & la lune avec toutes les étoiles; comme: des clous brillans qui y font attachés; & malgré la connoiffance que nous avons du contraire, nous ne faurions nous défendre de cette idée illufoire. : : IV: Celà pofé, lorsque la lune fe trouve à l'horizon ; notre imagination la rapporte au point A ou B de cette voute prétendue, & c'est par-là que nous estimons alors {à diftance d'autant plus grande, que nous jugeons la ligne CA ou:CB plu grande que CZ... Mais quand, en montant, elle: s'approche du zénith , nous penfons quelle | s'ap

D'ALLEMAGNE. 321 s'approche de nous, & fi elle atteignoit le zénith ; nous la croirions alors à fa plus petite diftance. | V. L'illufion fur:la diftance entr'airie néceffairement cellé fur la grandeur. Puisque la lune:en À nous paroît beaucoup plus éloignée de C, qué dans:le zénith, nous fommes 'en quelque maïière forcés. d'en conclure, que la lune même eft d'autant plus grande ; & cela en même raifon que la diftance CA nous paroît {urpañler celle C Z. Tous les. hommes ne feront peut-être pas trop d'accord fur cette proportion ; Pun di. ra que la luhe lui paroît deux. fois plus grande à l'horizon; un autre trois fois, & là plüpart ferdéclareront pour le milieu entre:deux & trois; mais tous fe réuniront pour la chofe même. VI: Il eft à propos dé remettre à cette occafion ous les yeux de V. A. la démonftration-de cette conféquence : comment le jugement de la grandeur eft une fuite néceffaire de l'eftime de la diftance. Quand la lune eft près de l'horizon, nous la voyons Tab. X. fig. 8. fous un certain angle, lequel foit MCA, le fpettateur étant: en C: & quand elle eft fort élevée, foit NCD l'angle fous léquel nous la voyons. IL eft très-certain que ces deux angles MCA & NCD font -bien à-peu-près égaux entr'eux, la diférence étant infenfible. VII Mais dans le premier cas, puisque nous Tom. III.

322% ÉEETTES À 'UNE PRINCESSE estimons: la lune
 beaucoup plus éloignée , :Æoit à là ligne: CA,:en:la! rapportant: à la voute
 imaginaire décrite ci-deffus ; il-s'enfuit que nous estimons:le :diamètre de la
 lune égal à. la ligne MA: Mais dans Pautre cas la diltance de la lune: C
 D'nous paroît beaucoup plus-:petite,» & par :condéquent, puifque l'angle
 NCD: eft:egal-a MGA, la grandeur estimée DN era bea ARÇOER plus
 petite que À M. VII. Pour:ñe: laiffer aucun-doute fur ceci, on n'a qu'a
 couper les lignesC 4, Cr: va. les aux lignes CD°&:CN,) &:puifque-:dans les
 deux triangles Cam & CDN les-angles en C font égaux, tes: triangles
 memes le font auf, & par conféquent la: ligne D N fera égale à 4n; or da
 eftivifiblement-plus petite que AM & cela-autant de foisoque la diftance cd
 ou CD -eft:plus petite qué CA. ::V.:A. doit 'donc:comprendre clairement ce
 qui nous. fait eftimer la lune plus grande à Phorizon que pres du zénith: Le
 29 Awril:1762. 7 s PSE Gén LETTRE CCXXVIII V°, À me sbtochbrs
 fans-doute; 'que je viens d'expliquer une illufion par uné: autre qui n'est.
 pas: moins. bizarre :. elle m° objeétera LD = TE , S aime, = — 3 a. PP re

D'ALLEMAGNE: 323 qué la voute imaginaire dü ciel eft auflî inconcevable qué laggrandifletment apparent de Ja lune & des autres aîtres près de l'horizon. Cette objection elt trop bien fondée, pour que je ne doive pas expliquer à V. A. la vétitable raifon de ce que le ciel nous paroît fous la formé d'une voute applatie par le haut. Je vais tâcher de m'en acquiter par les reflexions fuivantes, I. Pour rendre raïfon de cette voute imaginaire, il faut dire que cela vient de ce que les objets céleftés, qué nous voyons près dé l'hôrizon, nous paroiflênt plus éloignés que ceux que nous voyons près du zénith ; & c'eft fans-doute une pétition de principe très-formelle; que les logiciens ont droit de tejetter, comme ur vicé infupportable dans nos raifonnémens. En éffet; après avoir dit plus. haut. que la voute imaginaire du ciel nous fait paroître la lune plus éloignée à lhorizon que près du zénith, il eft ridicule de dire, qué ce qui nous fait imaginer cèête voute, eft que les objets horizon: taux nous Héroidenc plus éloignés que les verticaux. : VII. Il n'étoit cependant pas inutile de parler de cette voute imaginaire ; quoique nous n'en foyons pas plus avancés pour cela; & quand j'aurai expliqué pourquoi les objets céleftes nous paroiflent plus éloignés lorfque nous kes voyons près de l'horizon, V. A. 12

324 LETTRES À UNE PRINCESSE comprendra en même tems la raison de cette double illusion universelle, dont l'une est l'agrandissement apparent des astres dans l'horizon, & l'autre la voûte aplatie du ciel. II. Tout revient donc à expliquer pourquoi les objets célestes vus à l'horizon, nous paroissent plus éloignés que lorsqu'ils se trouvent à quelque hauteur considérable = je dis maintenant que c'est parce que ces objets nous paroissent moins brillans: ce qui m'impose la double tâche: de montrer, pourquoi ces objets brillent avec moins d'éclat vers l'horizon ; & d'expliquer comment cette circonstance entraîne nécessairement le jugement: d'une plus grande distance. - J'espère de remplir l'une & l'autre à la satisfaction de V. A. IV: Le phénomène : même ne feroit être Trevoqué en doute. Quelque grand que soit vers midi l'éclat du soleil, que personne ne fauroit fixer alors, V. A fait que le matin & le soir lorsqu'il se lève ou qu'il se couche, "on peut -le" regarder sans en avoir la vue. incommodée; & la même chose arrive par rapport à la lune & à toutes les étoiles, dont l'éclat est extrêmement affoibli dans le voisinage de l'horizon. : Au ne voit-on pas les plus petites 'étoiles quand elles: ne font que peu 'élevées au-dessus de l'horizon, 'tandis qu'on les voit :aflez: distinctes4

D'ALLEMAGNE. 32S ment lorfqu'elles font parvenues à une certaine hauteur. V. Ce fait fuffifamment confatè, il s'agit de découvrir la caufe- de. cet aHoibliffement de lumière. Il. eft affez clair que nous ne faurions la chercher que dans la nature de notre atmofphère, foit l'air qui environne-la terre, en tant qu'il n'eft pas parfaitement tranfparent. : Car fil l'étoit, delorte que tous les rayons y fuflent tranfmis fans fouffrir aucune diminution, il n'eit pas douteux que les étoiles devroient toujours briller avec le même éclat, en quelque lieu du ciel qu'elles fe trouvaflent. VI Mais l'air, matière beaucoup moins délice & moins fubtile que l'éther dont la tranfparence elt parfaite, et toujours chargé de particules hétérogènes qui s'y élèvent de la terre, telles que les exhalailons & les vapeurs, & qui font nuifibles à fa tranfparence; enforte que fi quelque rayon rencontre une telle particule, il en eft intercepté & prelqu'eteint. Auf eft-il évident que, plus l'air eft chargé de ces particules qui font des obltacles à la tranfmiffion de la lumière, plus les rayons doivent s'y perdre, & V. À. fait qu'un brouillard fort é épais dépouille Pair: de prèsque toute fa tranfparence, tellement que, fouvent, on ne peut plus diftinguer les objets à trois pas de diftance. X 3

de, in, 2. . En de en med tite ct 4 326 LETTRES À UNE
PRINCESSE VIT. Que les points marqués dans la fr. 9. Toeb. X.
représentent de telles parcelles parfumées dans l'air, dont le nombre est plus
ou moins grand, selon que l'air est plus ou moins ferein. Il est évident que
plusieurs des rayons qui traversent cet espace doivent le perdre, & que la
perte sera d'autant plus grande, que le trajet qu'ils ont à parcourir dans cet
air, sera grand. Nous voyons donc que les objets éloignés deviennent
invisibles dans un brouillard, pendant que ceux qui sont fort près de l'œil
sont encore aperçus, parce que les rayons des premiers rencontrent en
chemin un plus grand nombre de parcelles qui les arrêtent. VIII. Il faut en
conclure que, plus le trajet que les rayons des astres ont à faire dans
l'atmosphère pour parvenir à nos yeux est long, plus leur perte soit
affaiblissement doit être considérable. V. À. n'aura plus là-dessus le moindre
doute. Il reste donc simplement à prouver, que les rayons des étoiles que
nous voyons près de notre horizon, ont un chemin beaucoup plus long à
parcourir dans notre atmosphère, que, lorsqu'elles se trouvent plus près de
notre à zenith. : V. À. comprendra facilement alors, pourquoi les astres
paraissent beaucoup moins brillants près de horizon, à leur lever & à leur
coucher.: Ce sera le sujet de la lettre suivante. | le x Mai 1762.

D'ALLEMAGNE, 32% SL ET TRE COPNANSLENS CE que: je
 viens d'avancer, que les rayons des aftres qui fe trouvent à l'horizon ont
 plus de chemin: à parcourir dans notre atmofphere, paroïtra peut-être bien:
 paradoxe: a VA. vu que l'atmofphere s'étend par-tout :à la: même hauteur,
 delorte qu'en :quelque :liéu que {e trouve une étoile, fes rayons doivent
 toujours pénétrer de: toute {a hauteur avant que de parvenir à nos yeux...
 J'efpère. que les réfièxions fuivantes diffliperont les doutes. EL. Il faut
 d'abord fe former une 'idee juſte de l'atmolphère qui environne laterre.
 Pour cet effet, le cercle intérieur ABCD Tab. X. fig. 10. repréfente laterre, &
 l'extérieur poné tué ab c d termine Patmofphère. Remarquons que, par-tout, à
 meſure que l'air s'élève au-deſſus de la ſurface de la terre, il devient toujours
 plus ſubtil & plus rare : deſorte qu'il fe perd enfin infenſiblement avec léther
 qui remplit tous les eſpaces céleſtes. II. L'air le plus groſſier ; le plus chargé
 des parcelles qui. éteignent les rayons de lumière, fe trouve par-tout en bas
 près de la ſurface de la terre. Il devient donc plus rare en montant, moins
 nuifible à la Jlumière; & il elt déjà fi ſubtil à la hauteur d'un mille
 d'Allemagne qu'il ne fauroit plus cauſer de perte ſenſible à la lumière. On
 peut donc fixer la X 4

_he vs. ins _ en Lee eme 328 LETTRES À UNE PRINCESSE -
 distance entre le cercle intérieur & extérieur d'environ un mille, tandis que
 le demi-diamètre de la terre en contient environ 860: de sorte que la
 hauteur de l'atmosphère est fort peu de chose relativement à la grandeur du
 globe de la terre. IT. :Considérons maintenant Tab. X. fig. 11. un spectateur
 en A sur la surface de la terre; & tirant du centre de la terre G par A la ligne
 GZ elle sera dirigée vers le zénith du spectateur. La ligne AS, qui y est
 perpendiculaire & qui touche la terre, sera horizontale pour lui.
 (Conséquemment, il verra une étoile en Z dans le zénith ou au sommet du
 ciel, mais une étoile en S lui paraîtra dans l'horizon à son lever ou à son
 coucher. Rien n'empêche que nous ne regardions chaque étoile comme
 infiniment éloignée de la terre, quoique je n'aie pu l'exprimer dans la figure.
 IV. V. A. n'a qu'à jeter les yeux sur cette figure, elle verra que les rayons
 partant de S ont un trajet beaucoup plus long à faire dans l'atmosphère, que
 ceux de l'étoile Z, avant d'atteindre le spectateur en A. Ceux de l'étoile Z
 n'ont qu'à traverser la hauteur de l'atmosphère à A qui est à-peu-près d'un
 mille, & ceux de l'étoile S doivent parcourir tout le chemin h A,
 évidemment beaucoup plus long; & si la figure pouvoit mieux répondre à la
 vérité, de sorte que le rayon GA fût 860 fois plus long que la hauteur Aa; on
 verroit que la distance A h. surpasseroit 40 milles.

D'ALLEMAGNE. 329 V. Auf eft-il bon de remarquer que les rayons de l'étoile Z n'ont qu'un trespetit efpace à parcourir par la bafle atmof. phère, qui eft la plus chargée de vapeurs, au lieu que les rayons de l'étoile S y font .uu trajet tres-confidérable, & font obligés de ramper, pour ainfi dire, fur la furface de la ter, re. Il eft donc très-naturel de conclure que les rayons de l'étoile en Z ne fouffrent prefqu'aucun affoibliffement, & que ceux de l'étoile S doivent être prefqu'éteints, à çaufe du grand trajet qu'ils ont à parcourir dans Pair groffer, VE. Il eft donc incontestable que les aftres que nous voyons à l'horizon, doivent paroître avec un éclat extrêmement afloibli. Et V. À. comprendra fort aifément pourquoi nous pouvons fixer fans peine les yeux fur le {oleil levant ou couchant, tandis qu'à midi, que le {oleil eft haut, fon éclat eft infupportable. Voilà le premier article que je m'étois propofé de démontrer: il me refte à prouver l'autre; avoir, que c'eft l'afloibliffement de la lumière qui nous force prefque à nous reprélenter les corps céleftes comme beaucoup plus éloignés de nous, que fi nous les voyons dans leur éclat. VIT. Il faut en chercher la raifon dans les objets terreftres que nous voyons tous les jours; & fur la diftance defquels nous .formons un jugement. : Mais par la même raion que les rayons, en pañlant par Pair, fouf

330 LETTRES À UNE PRINCESSE
 frentquelqu'affoiblissement,
 il est clair que, plus un objet est éloigné de nous, plus il perd -de sa clarté,
 & plus il en perd plus il nous paroît obscur. Ainsi une montagne fort
 éloignée nous paroît trèsombre, mais si nous en approchons assez, nous
 distinguons facilement les arbres, ce qui n'est pas possible à un grand
 éloignement. VIII. Cette observation si générale qui ne nous trompe jamais
 dans les objets terrestres, a produit en nous, dès notre jeunesse, ce principe
 fondamental par lequel nous jugeons les objets d'autant plus éloignés, que
 les rayons qui nous en viennent ont été affaiblis. C'est donc en vertu de ce
 principe que nous estimons la lune beaucoup plus éloignée de nous à son
 lever ou à son coucher, que quand elle a déjà atteint une hauteur
 considérable; & par la même raison, nous la jugeons d'autant plus grande.
 Je me flette que V. A. trouvera ces raisons parfaitement bien fondées, & ce
 phénomène est aussi bien éclairci qu'il soit possible. le 4 Mai 1762. CELDES
 SPASSEURE TUE PET PIE IRAN CIE VPLBENEER ENS EPST ET DRE
 LE PRE ES TEEN one ee ee L'E TTEReEr:CCXX X. ce principe de-notre
 imagination, par lequel je viens d'expliquer ce phénomène de la lune
 beaucoup plus grande près de l'horizon qu'au

. D'ALLEMAGNE. 331 milieu du ciel, est tellement entaciné dans notre esprit, qu'il est la source de mille autres illusions, dont je me contenterai de mettre quelques-unes sous les yeux de V. À. Dès notre jeunesse, nous nous sentons entraînés comme malgré nous, à juger les objets d'autant plus éloignés, que leur éclat est plus affaibli: &, d'un autre côté, les objets fort brillants nous paroissent plus proches qu'ils ne le sont. Cette illusion ne peut venir que d'une imagination peu réglée, qui nous mène très-souvent à faux. Elle nous est néanmoins si naturelle, & elle est si universelle, qu'il y a personne qui soit maître de s'en garantir, quoique l'erreur, qui en résulte, soit souvent très-manifeste, comme j'ai eu l'honneur de le faire remarquer à V. À. par rapport à la lune: mais nous sommes trompés encore en quantité d'autres occasions dont je vais développer quelques-unes. I. C'est une illusion fort connue que, de nuit, le feu d'un incendie nous paroît beaucoup plus proche qu'il n'est effectivement. La raison en est bien claire: le feu brille avec un très-grand éclat, & selon le principe établi de notre imagination, nous sentons toujours plus près qu'il n'est. II. C'est ainsi qu'une grande salle dont les parois sont bien blanchies, nous paroît toujours plus petite. V. A. fait que le blanc est de la couleur la plus brillante: nous sentons

332 LETTRES À UNE PRINCESSE donc les murailles de cette
falle trop proches de nous, & par conféquent l'étendue apparente en est
diminuée. | III. Or dans une falle dont les murailles sont couvertes de drap
noir, suivant l'usage des grands deuil, nous éprouvons un effet entièrement
contraire. Une chambre nous paroît alors beaucoup plus spacieuse qu'elle
n'est effectivement : le noir est sans-doute la couleur la plus sombre,
puisque'elle ne renvoie presque aucune lumière dans nos yeux; c'est pourquoi
il nous semble que les parois noires sont beaucoup plus éloignées de nous
qu'ils ne le sont en effet Une chambre dont on couvre les murailles de toile
noire paroîtra donc plus grande; & si, au contraire, on les fait bien blanchir,
elle paroîtra plus petite. IV. Personne ne profite mieux de cette illusion si
naturelle & si commune à tous les hommes que les peintres. V. À. fait que le
même tableau nous représente. des objets dont quelques - uns paroissent
extrêmement éloignés, pendant que d'autres semblent fort proches; & c'est
en quoi consiste la plus grande ressource d'un habile peintre. Il est bien
surprenant que, malgré que nous sachions très - certainement que toutes les
représentations d'un tableau sont exprimées sur la même surface, & ainsi à-
peu-près à une égale distance de nos yeux, nous n'en soyons # pas moins
trompés, & que nous jugions les ce Le a ee un den nant its At

D'ALLEMAGNE. | 233 unes fort loin & les aütres fort près. On attribue communément cette illufion à un mélange adroit de lumière & d'ombre, qui fournit effectivement aux peintres les plus grands fecours. Mais V. À. n'a qu'à confidérer un tableau, pour s'appercevoir que les objets qui doivent nous paroître fort éloignés, font exprimés foiblement & aflez indiftinéttement. Ainfi, quand nous portons notre! vue fur des objets fort éloignés, nous appercevons bien, par exemple , des perfonnes, mais fans que nous puiffions en diftinguer lesyeux, lenez, ni la bouche; & c'eft conformément à cette apparence que le peintre repréfente les objets. Quant à ceux que nous devons eftimer fort près de nous, le peintre leur donne les plus vives couleurs, & prend la peine d'y exprimer foigneufement toutes les minuties. Si ce font des perfonnes, nous y diftinguons les moindres lincamens du vifage, les plis de lhabit &c. cette repréfentation {éemble pour ainfi dire fortir . du tableau, tandis que d'autres y paioifent enfoncées & fort reculées. v. Cet donc uniquement {ur cette illufion qu'eft fondé tout Part de la peinture: Si nous étions accoutumés à juger felon la vérité, cet art ne fauroit plus avoir lieu dans toutes {es parties, pas plus que fi nous étions aveugles. : Le peintre auroit beau faire valoir tout fon talent dans le mélange des couleurs; nous dirions, voilà" {ur cette table'.

334 LETTRES-A UNE PRINCESSÉ ici une- tache rouge, là une bleue, ici-urt trait noir, là quelques lignes blanchâtres: tout se trouve sur la même surface, il n'y a nulle part ni enfoncement, ni élévation, ainsi, aucun objet réel ne faueroit être représenté de cette manière: on ne fauroit alors le regarder autrement que comme une écriture sur le papier, & l'on se fatigueroit peut-être inutilement à vouloir deviner la signification de toutes les taches diversement colorées. Ne ferions nous pas fort à plaindre dans cet état de perfection, d'être privés des plaisirs que nous procure tous les jours un art si amusant & si instructif. le 8 Mar 1762. L'ETÉRE:CEXXXT VW. A. vient de comprendre la cause de l'illusion par laquelle la lune, ainsi que le soleil ; nous paroît beaucoup plus grande dans l'horizon, qu'à une hauteur considérable, consistant en ce que nous estimons alors ces corps - plus éloignés de nous, -estime fondée sur ce que leur lumière souffre alors un affaiblissement considérable, par le long trajet qu'elle fait à travers l'atmosphère dans la basse région, qui est la plus chargée de vapeurs & d'exhalaisons qui diminuent sa transparence. Tel est le ré

D'ALLEMAGNE: 33\$ fumé des réflexions que j'ai-eu l'honneur de proposer à V. À. sur ce sujet. 'Cette qualité de l'air qui diminue sa transparence.,. pourroit être regardée au premier coup-d'œil comme un défaut, Mais si nous en considérons les suites, nous trouvons que, bien loin que c'en soit un, nous devons. au contraire y reconnaître la faiblesse & la bonté infinie du créateur. C'est à cette impureté de l'air que nous sommes redevables du spectacle merveilleux & ravissant que nous offre le bleu du ciel; car les particules opaques qui arrêtent les rayons de lumière, en sont éclairées, & nous renvoient ensuite leurs propres rayons, produits dans leur surface par un tremblement violent, comme il arrive dans tous les corps opaques. Or c'est le nombre de vibrations qu'elles reçoivent qui nous représente ce magnifique bleu. Cette circonstance. mérite bien que je la développe. clairement. I. J'observe d'abord que ces particules sont extrêmement petites & fort éloignées entr'elles, outre qu'elles sont très-déliées, & presque tout-à-fait transparentes. De-là vient que chacune séparément n'est absolument point perceptible, & que nous ne pouvons en être affectés que quand un très-grand nombre envoie ces rayons à la fois ;. & presque. selon la même direction, dans, nos yeux. Il faut donc la réunion des rayons de plusieurs, pour exciter une sensation. IL Il en suit donc clairement que celles de ces particules qui sont près de nous, échappent

336 LETTRES À UNE PRINCESSE à nos {ens, puisqu'il faut les considérer corntie des points difperfés par la mañle de Pair. Mais celles qui font fort éloignées dé l'œil, comme Tab. XI. fig/1. les points 4, b; c, réuniflent dans l'œil, prèfque felon la même direction, leurs rayons qui, par là, deviennent aflez forts pour frapper notre vue, fur-tout quand on confidère que des particules femblables plus éloignées e, f, #, b, ainfi que d'autres plus voisines concourent à produire cet effet. IT. La couleur bleue que nous voyons dans le ciel, lorqu'il eff férééin, n'est donc autre. choie 'que 'le réfultat de toutes ces particules difperlées dañs l'ätmoſphère, & principalement de celles qui font fort éloignées de nous; on peut donc bien dire qu'elles {ont bleues de leur: nature, mais d'un bleu extrêmement clair, qui ne devient aflez foncé & fenſible, que loriqu'elles font en très-granid nombre, & qu'elles joignent enfemble leurs rayons felon la même direction. IV. L'art produit un effet femblable. Si, en difſolvant une petité quantité d'indigo dans une grande quantité d'eau, on laifle tomber cette eau 'par gouttes, On n'y remarque pas la moindre teinture , @& fi lon en verſe dans' un petit gobelet, on n'y: verra qu 'une couleur bleuâtre très-foible. : Mais qu'on en remplifie un grand vale, & qu'on lé regarde de loin, on y voit un bleu très-foncé. La même experience peut:fe faireavec d'autres couleurs. C'eift ainii

D'ALLEMAGNE: 337 ainfi que le: vin de Bourgogne en tres -
petite | quantité, paroît à peine un peu rougeâtres & que dans une grande
phiole bien remplie; la couleur, rouge paroitra tres-foncée. | _: V:rL'eau,
dans un baflin-grand.& profond, paroît toujours avoir une certaine couleur ,
quoiqu'une petite quantité {oit tout-àcfait elaize. & limpide. : Cette couleur
eft ordinairement plus ou moiîns. verdâtre ;: ce qui fait dire que les
dernières particules de l'eau le {ont aufh, imais d'une couleur .extrêmement
déliée; delorte quil faut en regarder uw grand volume, avant de s'en
appercevoir, parceque les rayons de plufieurs particules fe joignent alors
enfemble pour produire cet effet. VI. Comme il paroît probable par cette
obfervation, que les dernières particules de l'eau font verdâtres, on pourroit
fouterir que la même raïon-par laquelle la mer, ou l'eau d'un lac & d'un
étang, nous paroïflent vertes, et celle par: laquelle le'ciel nous patoît bléu.
Car il eft plus vraifemblablé que toutes les particules de l'air ayent une
légère teinture de bleu, mais fi foible qu'elle ne s'apperçoit.que quand on
regarde. une: mafle immenfe;. eomme toute étendue de l'atmofphère, qu'il
ne l'eft d'attribuer cette couleur aux vapeurs qui voltigent dans Pair & qui
n'y appartiennent pas. :VIL Eu effet, plus l'air eft. pur & déga
d'exhalaifons; plus le bleu du ciel a d'éclat; qui prouve. {uffifamment., qu'il
faut! en chercher la raïfon dans les. particules propres de Tom. III. 4 2e CE

SEE 2 EEE = = — a == = = u———— = = = = mn PR e en — mb,
 mime _ = S Æ = _ " Pre à ps = _ — = “ 2: C us eh 2 — = Een a — RS
 rarement tes — — — . RS SR > - - ss Le TE. . pe = = PE "er 338
 LETTRES À UNE PRINCESSE l'air. Les matières étrangères qui s'y
 mêlent, comme les exhalaisons, deviennent au contraire nuisibles à ce beau
 bleu, & ne font qu'en altérer l'éclat. Lorsque ces vapeurs chargent trop l'air,
 elles causent ici-bas des brouillades, & nous dérobent entièrement le
 spectacle de la couleur bleue ; si-elles font plus élevées, comme cela arrive
 ordinairement, il s'en forme des nuages qui couvrent souvent le ciel tout
 entier, & nous offrent une couleur toute autre que ce bleu de l'air pur; c'est
 donc une nouvelle qualité de l'air, outre celle de la subtilité, de la fluidité &
 de l'élasticité que j'ai eu déjà l'honneur d'exposer à V. À., c'est-à-dire, que
 les dernières particules de l'air, sont bleuâtres de leur nature. le 11 Mai
 1762. TR GRR DD LS ELU Li 6/0 DEEE of ÉD ER EEE CPP EIRE
 CENTS EC UE PE PCSI TELE SRE ES LE PETIRÉECCXXEX TT.
 indépendamment du beau spectacle du bleu du ciel dont nous fait jouir cette
 teinture de l'air qui nous environne, nous serions bien malheureux s'il étoit
 parfaitement transparent & dépouillé de ces particules bleuâtres; mais c'est
 encore un nouveau sujet pour nous de reconnoître & admirer la bonté
 infinie & la sagesse du Créateur. | Supposons, pour en convaincre
 parfaitement V. À., que l'air soit tout-à-fait transparent &

D'ALLEMAGNE. 339

femblablé à l'éther, qui, comme nous le fàvons, tranfimet tous les rayons des étoiles fans en arrêter aucun & ne contient point de particules éclairées ellés- mêmes par les rayons, parcequ'une telle particule ne fauroît l'être fans, intercepter quelques rayons qui y tombent. Si Pair fe trouvoit dans cet état, les rayons du {oleil le traverseroient librement, fans qu'aucune lumière en fut renvoyée dans nos yeux: nous ne recevriens que lés rayons qui vierinent immédiatement du foleil Le ciel entier, excepte le lieu où eff le {oleil, nous paroîtroit donc tout-à-fait obfcure, &, au lieu de cebleu brillant, nous n'y découvririons en regardant en haut, qu'an noir très-foncé & la nuît la plus obfcure. La fig. 2. Tab. XI. repréfente le foleil, & le point O elt un fpectateur dont l'œil ne recevroit d'autres rayons d'en haut que du foleil, delorte que toute la clarté feroit renfermée dans le petit angle EOF. En portant fa vue vers une autre région du ciel comme vers M, on en recevroit aucun tasyon, & il en feroit comme fi l'on regardoit dans un lieu enticrement obicure; or tout endroît qui i'envoie aucuns rayons de lumière eft noir. Je fais abfraction des étoiles dont le ciel cft rempli; car, én dirigeant l'œil vers M, rien n'empêche que les rayons des étoiles qui fe trouvent dans cette région, ny entrent, & ils auroient même d'autant plus de force, qu'ils ne foufiroient aucun affoïbliflement par Patmofphere, telle D Cie

4 340 LETTRES À UNE PRINCESSE que je viens de la
 fuppofer. On verroit donc toutes les étoiles en plein jour, comme dans la
 nuit la plus obfcure; mais il faut confidérer que ce plein jour fe réduiroit au
 feul petit angle EOF, tout le refte du ciel étant aufli obf*cur que la nuit.
 Cependant, près du foleil, les étoiles nous feroient invifibles, & nous ne
 verrions point, par exemple, l'étoile N ; puifqu'en la regardant, notre œil
 recevroit en même tems les rayons du foleil, defquels il {eroit frappé fi
 vivement, que la foible lumière de l'étoile ne fauroit y exciter de fenfations.
 Je ne parle pas de limpofhbilité qu'il y auroit à tenir l'œil ouvert; en voulant
 regarder vers N; cela eft trop fenfible pour ne pas être entendu. Mais en
 oppofant au foleil un corps opaque qui en interceptât les rayons, on ne
 manqueroit pas de voir l'étoile N, quelque proche qu'elle fut du foleil: V. À.
 comprendra aifément dans quel trifte état nous ferions alors. Ce voifinage
 du plus grand éclat & des ténèbres les plus fombres blefleroit notre vue, au
 point, que nous en deviendrions d'abord aveugles. On peut en juger par
 l'incommodité que nous reflentons en pañlant {ubitement d'un lieu obfcure
 dans un autre fort éclairé. | C'eft donc à ce grand inconvénient que remédie
 la nature de l'air, en tant qu'il contient des particules tant foit peu opaques
 & fufceptibles d'illumination: Alors, dès que le foleil fe lève au-deflus de
 l'horizon, & même déjà ER LE chi rs. LEE 2 ent pre eme ce ere es ee - — =
 = > = Z à PE ESS, ES - milite et + ii À | ce en | pété : = Le te. fe EE

D'ALLEMAGNE. 34T un peu auparavant, toute l'atmosphère en devient éclairée, & nous présente ce beau bleu dont j'ai eu l'honneur de parler à V. À.; de sorte que nos yeux, quelque part que nous les dirigeons, en reçoivent quantité de rayons engendrés . dans les mêmes particules. Aussi, en regardant vers M fig. 2. Tab. XI., apercevons nous une très-grande clarté; soit ce bleu brillant du ciel. Cette même clarté nous empêche de voir les étoiles pendant le jour: la raison en est évidente. Elle surpasse de beaucoup celle des étoiles, & une grande clarté en fait disparaître une plus petite; or les nerfs de la rétine au fond de l'œil, étant déjà frappés par une lumière très-forte , ne seroient plus sensibles à la faible impression des étoiles. VA. doit se rappeler que le clair de la pleine lune est plus de 300,000 fois plus faible que celui du soleil, pour se convaincre que la clarté qui nous vient des étoiles n'est rien en comparaison de celle du soleil. Or la clarté du ciel pendant le jour est déjà si éclatante, que quoique le soleil soit couvert, elle surpasse encore plusieurs mille fois celle de la pleine lune. V. À. aura bien aperçu que, de nuit, lorsqu'il voit que la lune est pleine, les étoiles paroissent beaucoup moins brillantes, & qu'on ne voit que les plus grandes, sur-tout dans son voisinage, de sorte qu'une grande lumière étouffe toujours une plus faible. C'est donc un très-grand avantage que nous

342 LETTRES À UNE PRINCESSE tre atmosphère commence à être éclairée par le soleil, avant même qu'il se lève, parce que cela nous dispose à soutenir la vivacité de son éclat, qui feroit insupportable, si le passage de la nuit au jour étoit subit. Le tems pendant lequel l'atmosphère devient éclairée avant le lever du soleil, & conserve encore de la clarté après le coucher, s'appelle crépuscule. Ce sujet mérite par son importance, d'être bien considéré, & je me propose d'en entretenir plus amplement V. A. C'est ainsi qu'un article de physique en amène un autre. le 15 Mai 1762. LETTRE CCXXXIII Pour expliquer la cause des crépuscules, ou de cette clarté du ciel qui précède le lever du soleil & qu'on voit après son coucher, V. A. n'a qu'à se rappeler ce que j'ai déjà eu l'honneur de lui dire touchant l'horizon & l'atmosphère. Que le cercle AOB Tab. XI. fig. 3. représente la terre, & le cercle ponctué aobd l'atmosphère : considérons un lieu sur la terre O, par laquelle on tire une ligne droite HOR qui touche la terre en O, & cette ligne HI représentera l'horizon qui sépare la partie du ciel qui nous est visible de celle qui ne l'est pas. LT, on a p = * ge —

D'ALLEMAGNE. 343 pas. Dès que le soleil atteint cette ligne, il paroît donc dans l'horizon en se levant ou en se couchant, & toute l'atmosphère en est alors éclairée. Mais supposons que le soleil, avant que de se lever, se trouve encore au - dessus de la terre en S; d'où le rayon STR frisant la terre en T, puisse atteindre le point de l'atmosphère situé dans notre horizon, & les particules opaques qui s'y trouvent en feront déjà éclairées, & par conséquent, nous deviendront visibles. Ainsi, quelque temps déjà ayant le lever du soleil, l'atmosphère au-dessus de notre horizon commence à être éclairée en R, & mesure que le soleil s'approche de nous; une plus grande partie en sera éclairée, jusqu'à ce qu'elle devienne tout-à-fait lumineuse. Cette considération me conduit à un autre phénomène autant intéressant, qui lui est très étroitement lié, c'est que l'atmosphère nous fait encore apercevoir le soleil & les autres astres, quelque temps avant qu'ils se lèvent au-dessus de notre horizon, & quelque temps après leur coucher, par la réfraction que les rayons souffrent en passant de l'éther pur dans l'air grossier qui constitue notre atmosphère; Je vais en donner l'explication. Les rayons de lumière ne continuent leur route en ligne droite, qu'autant qu'ils se meuvent dans un milieu transparent de la même nature. Dès qu'ils passent d'un milieu dans un autre, ils sont détournés. de Y 4

se a — , PT mg — 344 «+ LETTRES À UNE PRINCESSE leur route re@iligne, & leur 'chemin devient comme rompu; c'est ce que lon nomme la réfraction, dont j'ai eu l'honneur d'entretenir aflez long-tems V. À. en expliquant comment les rayons, en paflant de l'air dans le verre, & réciproquement, {oufltent une réfraction. IL Or léther & Pair étant deux milieux diferens, lorfqu'un rayon pañle de léther dans Pair, il faut néceflairement -qu'il éprouve quelque réfraction. | Ainfi larc du cercle AMB Tab. XI. fig. 4. terminant notre atmofphère en haut, fi un rayon de lumière MS de léther y tombe en M, il ne continuera pas fa route fuivant la même ligne droite MN, mais il prendra, en entrant dans l'air, la route MR un peu différente de MN, & l'angle NMR eft nommé l'angle de réfraction où fimplement la réfraction. © IIL. J'ai déjà remarqué que la réfraction eff d'autant plus grande, que le rayon S M tombe plus obliquement fur la furface de Patmofphère, ou que l'angle BMS ef plus petit ou plus aigu. Car fi le rayon SM tomboit! perpendiculairement fur la furface de Patmofphère, ou que l'angle B MS fut droit, il ny auroit point de réfraction, mais le rayon continueroit fa route felon la même ligne droite. Cette règle eft générale dans toutes les réfractions ;' de quelque-nature que foient les deux milieux que les rayons tra verfent, 14 1 #38

D'ALLEMAGNE. 345 JV:i Que Parc de cercle AOB Tab. XI. fig. 5. représente la surface de la terre, & que l'arc EMF termine l'atmosphère. Si l'on tire en © la ligne OMV qui touche la surface de la terre en O, elle fera horizontale. Et si le soleil se trouve encore au-dessous de l'horizon en S, de sorte qu'il nous soit encore invisible, puisqu'aucun de ses * rayons ne pourroit arriver jusqu'à nous et la ligne 'droite, le rayon SM, étant continué en ligne droite, passeroit au-dessus de nous en N3 mais comme il tombe en M sur l'atmosphère, & très-obliquement, l'angle FMS étant très-petit, il y souffrira une réfraction assez considérable; &, au lieu de passer en N, il pourra parvenir précisément en O, de sorte que le soleil nous soit déjà visible quoiqu'il se trouve encore au-dessous de l'horizon, ou, ce qui revient au même, au-dessous de la ligne horizontale O M V. V. Cependant, comme le rayon MO qui entre dans nos yeux est horizontal, nous rapportons dans notre jugement le soleil à la même direction, & nous nous imaginons qu'il se trouve en V, ou dans l'horizon, quoiqu'il soit au-dessous. Et réciproquement, toutes les fois que nous voyons le soleil, ou tout autre astre, dans l'horizon, nous devons juger qu'il est au-dessous, selon l'angle S M V; que les astronomes ont observé être d'environ demi-dégré, ou, PES exactement, de 32 minutes. |

346 LETTRES À UNE PRINCESSE VI. Au matin, nous voyons donc le soleil avant qu'il atteigne notre horizon, lorsqu'il en est encore distant d'un angle de 32 minutes; & le voit encore longtemps après son vrai coucher; puisque nous le voyons encore jusqu'à ce qu'il soit descendu à un angle de 32 minutes. On nomme vrai lever ou coucher du soleil, lorsqu'il se trouve dans l'horizon, mais lorsqu'il commence à paraître le matin ou à disparaître le soir, c'est le lever ou coucher apparent. VII. Cette réfraction de l'atmosphère, qui fait que le lever apparent du soleil précède son véritable lever, cette réfraction, dis-je, nous procure l'avantage de jouir de jours plus longs qu'ils ne seraient sans cet effet de l'atmosphère. Voilà donc l'explication d'un phénomène bien important. le 25 Mai 1762. mm LE TT:RE:CCXXXIV, V7. À. aura compris cet effet singulier de notre atmosphère, par lequel nous voyons le soleil & tous les autres corps célestes dans l'horizon, quoiqu'encore plongés au-dessous, en sorte qu'ils seraient invisibles pour nous sans la réfraction. C'est par la même raison que le soleil & toutes les étoiles, nous paraissent

D'ALLEMAGNE. 347 toujours plus élevés au-deffus de l'horizon qu'ils ne le font effectivement; ce qui fait que lon doit diftinguer foigneufement la hauteur apparente d'une étoile, dela véritable à laquelle elle paroïtroit, s'il n'y avoit point d'atmofphère. Je vais mettre ceci dans tout fon jour. I. Que Parc AOB Tab. XI. fig. 6. foit une partie de la furface de la terre, & O le lieu où nous nous trouvons, par lequel on tire une ligne droite HOR qui touche la furface de la terre, & cette ligne HOR nous :indiquera le véritable horizon. Ou, qu'on érige en © verticalement la ligne droite OZ ; qui eft la même qu'un fil fufpendu & chargé d'un poids indiqué. Cette ligne eft nommée ici verticale, & le point du ciel Z auquel elle aboutit, porte le nom de zénith. Or cette ligne OZ eft perpendiculaire {ur l'horizontale HOR, deforte que l'une étant connue on peut aifément déterminer l'autre. II. Cela pofe, foit Tab. XI. fig. 7. une étoile en S, & sil n'y avoit point d'atmofphère, le rayon SMO pañeroit en ligne droite à Pœil O, & nous la verrions dans la même direction OMS, où elle fe trouve actuellement, où bien nous la verrions dans {on véritable lieu. On mēfure alors l'angle SOR que fait le rayon SO avec l'horizon OR, & cet angle eft nomme la hauteur de l'étoile ou fon élévation au-deffus de Fho

348 LETTRES À UNE-PRINCESSE rizon. Ou bien on mēfure l'angle SOZ que fait le rayon SO , avec la ligne verticale OZ, dirigée vers le zénith, & puisque l'angle ZOR est droit, ou de 90 degrés, on n'a qu'à soustraire l'angle SOZ de 90 degrés, pour avoir l'angle SOR qui donne la véritable hauteur de l'étoile. III. Tenons maintenant compte de l'atmosphère que je suppose terminée par l'arc HDNMR, & je remarque d'abord que le rayon précédent de l'étoile SM en entrant en M dans l'atmosphère, ne continue pas sa route vers l'œil en O, mais qu'il prendra à cause de la réfraction un autre chemin. nommé NP, & n'entrera point par conséquent dans nos yeux; de sorte que si l'étoile ne lancoit vers la terre que ce rayon SM, elle nous feroit absolument invifible. Or il faut confidérer que chaque point lumineux darde ses rayons en tous sens, & que tout l'espace en est rempli. IV. Il se trouvera donc parmi les autres quelque rayon comme SN, qui est rompu ou réfracté au haut de l'atmosphère en N; en sorte que sa continuation NO paſſe précifément à l'œil O. Le rayon réfracté NO ne se trouve donc pas en ligne droite avec celui SM, & si l'on continue NO vers S, la continuation NS fera un angle avec le rayon NS, favoir l'angle SNS qui est le même qu'on nomme la réfraction, & qui est d'autant plus grand, que l'angle SNR, _ Ve T. ee _ Ed

D'ALLEMAGNE: 349 fous lequel le rayon SN entre dans latmof. phère, eft plus aigu, comme je l'ai remarqué dans la lettre précédente. V. Par conféquent c'elt le rayon NO qui dépeint dans nos yeux l'image de l'étoile S & qui nous la rend vifible; & comme ce rayon nous vient dans la direction N O, comme fi l'étoile s'y trouvoit, nous jugeons aufli l'étoile fituée dans la direction NO, ou bien dans fa continuation quelque part éns. Ce lieu s etant différent du véritable S, on nomme s le lieu apparent de l'étoile, qu'il faut bien diftinguer du véritable lieu S, où nous verrions létoile sil n'y avoit point d'atmosphère. VL. Puis donc que nous voyons l'étoile par le - rayon NO; l'angle NOR que fait ce rayon NO avec l'horizün ; eft la hauteur apparente de l'étoile; & quand on mefure, par le moyen des inftrumens propres à cette * opération, l'angle NOR; on dit qu'on a trouvé la hauteur apparente 'de Pétoile; la hauteur véritable étant, comine | nous venons de le voir, l'angle: R OS. VIL. De-là il eft évident que la hauteur apparente RON elf plus grande que la hauteur * véritable ROM ; deforte que les étoiles nous * paroiffent plus élevées au-deflus de l'horizon qu'elles ne le font en effet, par la même raifon ; que les étoiles nous paroïffent déjà dans Phorizon ; quand elles font encore

350 LETTRES À UNE PRINCESSE au-deffous. Or l'excès dont la hauteur apparente furpañle la véritable, eft l'angle $M O N$ qui ne difère pas de l'angle $SN 5$ qu'on nomme la réfraction. (Car, quoique Vangle SNs , comme étant l'externé au triangle $SN O$, foit égal aux deux internes oppoles SON & NSO ptis enfemble,; il faut confidérer qu'à caufe du terrible éloignement des étoiles, les lignes OS & NS font paralleles, & conféquemment l'angle OSN s'évanouït, deforte que l'angle SON eit prefque égal à l'angle de réfraction $S N$:. VIITL. Ayant donc trouvé la hauteur apparente d'une étoile, il faut en retrancher la fefraction, pour avoir fa véritable hauteur, qu'il n'eft pas poffible de connoître autrement que par ce moyen. Pour cet effet, les aftronomes fe font donné Herucoop de peine, afin de découvrir éxaétement la rcfraction qu'il faut retrancher de chaque hauteur apparente, où dont il faut bailler davantage le lieu apparent de l'étoile pour le véritable. IX. Après une longue fuite S'oMVaaus ils ont enfin dreffé une table, qu'on nomme la table de réfraction; qui marque pour chaque hauteur apparente la réfraction ou l'angle qu'il faut en retrancher. Ainfi, lor{que la hauteur apparente eft nulle, ou que l'étoile paroît dans l'horizon, la réfraction eft de 32 minutes dont il faut baiïfler l'étoile {ous l'horizon. Mais pour peu que le

D'ALLEMAGNE- 3SI toile paroïfle élevée au-deffus de l'horizon , la réfraction devient beaucoup moindre. A la hauteur de 15 degrés elle n'est plus que de 4 minutes, à la hauteur de 40 degrés elle n'est que d'une minute, & pour de | plus grandes hauteurs, elle devient toujours plus petite, jufqu'à ce qu'elle s'évanouïffe entièrement à la hauteur de 90 degrés. X. C'est ce qui arrive lorfqu'une étoile est vue dans le zénith même; car fa hauteur est alors de 90 degrés, & la hauteur véritable est la même que l'apparente; & nous fommes bien afürés qu'une étoile que nous voyons dans le zénith s'y trouve réellement, & que la réfraction de l'atmosphère n'en change point la place, comme dans toutes les autres fituations. F I N.

The text on this page is estimated to be only 41.57% accurate

sr VTT = — == E _ : = — * \ SE - == > i - - = _ — ——— ———
mt = .

LA. ' . ñ ” : 4 . . . : &

THHE ji Mal jh Jon 117 Pad. 6

$:\dots:LU::|_-$

pe HI AE

Tom . 1/1. Ta 71 VI.

The text on this page is estimated to be only 41.55% accurate

Fom.211. Tab L'221 LT pe Ben SE mme NV

@ Fa

Fons. Pat 1x.

G. + " : à | LE = AL : , 1 . . . % :

The text on this page is estimated to be only 49.00% accurate

Porn. TA. x.

mr LA XZ.

The text on this page is estimated to be only 43.33% accurate

_. SS

The text on this page is estimated to be only 22.85% accurate

ee ne a ——— > “or. Cab. RE RE n T

The text on this page is estimated to be only 35.80% accurate

4 eds Tree ae

The text on this page is estimated to be only 37.33% accurate

$$\text{nn}_{\text{————}} > \text{————} \text{ a}$$

DMA Oeuvres 01 EUL 2001 295 Le ce mm

The text on this page is estimated to be only 36.00% accurate

7 M Sn

The text on this page is estimated to be only 42.59% accurate

qe7 S99IA8S 10/09 |I2SUNW AqQ S10/09 | 860 SZ0 DO Æ
——— Âjsuaq Jenesqo 2816ap & Jueulun/|| 06Q 8t'0- 91'0- Ot'0- Gc'er LR
A g2'v€ £CVEC- | 286 09'EL- | z9ec | Sz6r i vas | 26e | 15c0 | za 9565 | 97 |
La : Q : L : C + £ 8 . 3 | Obluiriturr6lirrrtrus8lrusateourélrnrntint9lrrrrtrriSlui
(a DEN | SJ8JeWI}u89 seyoul