

УДК 523.43

АНДРЭ КАПО

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПЛАНИСФЕРЫ РЕЛЬЕФА МАРСА
В ЭКВИПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОЕКЦИИ

Пока планеты и спутники были известны только по наблюдениям, сделанным с Земли, то есть с чрезмерно большого расстояния, было вполне нормально, что для представления их вида использовали перспективную проекцию от бесконечности, проекцию в виде фотографий, полученных с помощью бинокля или телескопа. Названная *ортографической*, она является одной из наиболее ранее известных, использовалась Аполлонисом еще за 240 лет до нашей эры. Но в ней есть недостаток—то, что она не сохраняет (не консервирует) ни относительные поверхности, ни углы; другими словами, она ни эквиповерхностна (=эквивалентна), ни эквиугольна (=соответственна). Таким образом, древние карты Луны, удовлетворительные в пределах видимой стороны, дают о смежной с ними периферии только неполную и искаженную картину, т. е. участок, видимый наискось, по мере приближения к краю виден в еще более косом направлении.

Но с тех пор, как космические корабли совершили оборот вокруг некоторых космических тел и сделали фотографии с различных точек наблюдения, несравненно более близких, и радарные, и другие измерения позволяют оценивать расстояния, положение совершенно изменилось. Были составлены карты и планисферы. Те, которые мне удалось посмотреть почти без исключения [1] в эквиугольной проекции, иначе говоря, в них прежде всего постарались правильно представить формы, по крайней мере маленькие и средние. Для Марса, например, поверхность планеты в целом была представлена USGS (Геологическая служба США) [2], посредством трех эквиугольных карт, одна из которых прямоугольная, простирающаяся от 65°Ю до 65°С с обратной меркаторной проекцией. Но как известно, эта проекция отодвинула бы полюсы в бесконечность. Поэтому северные и южные области от 55 до 90° широты представлены каждая круговой картой в полярной проекции. Эти карты, будучи обе эквиугольными, являются *стереографическими*, т. е. в точности такими, как одна из наиболее древних известных нам проекций (Гиппарх, за 130 лет до нашей эры). Совокупность этих трех карт является чрезвычайно ценным документом. Высоты здесь представлены тонкими красными изогипсами, с высотой сечения в 1 километр: на сегодня по предварительным измерениям они известны, как говорит нам легенда, лишь с точностью от 1 до 2 км, что уже превосходно.

Чтобы более наглядно представить вид совокупности рельефа, три карты, какие бы хорошие они ни были, не стоят одной планисферы; кро-

ме того, на картах USGS изображение коэффициентов отражения, разумеется, полезное, затушеванное коричневым, местами очень темным, затрудняет расшифровку изогипс. Наконец, проекции, не будучи экви-поверхностными, мешают составлению правильного представления об относительных частотах отдельных отрезков высот.

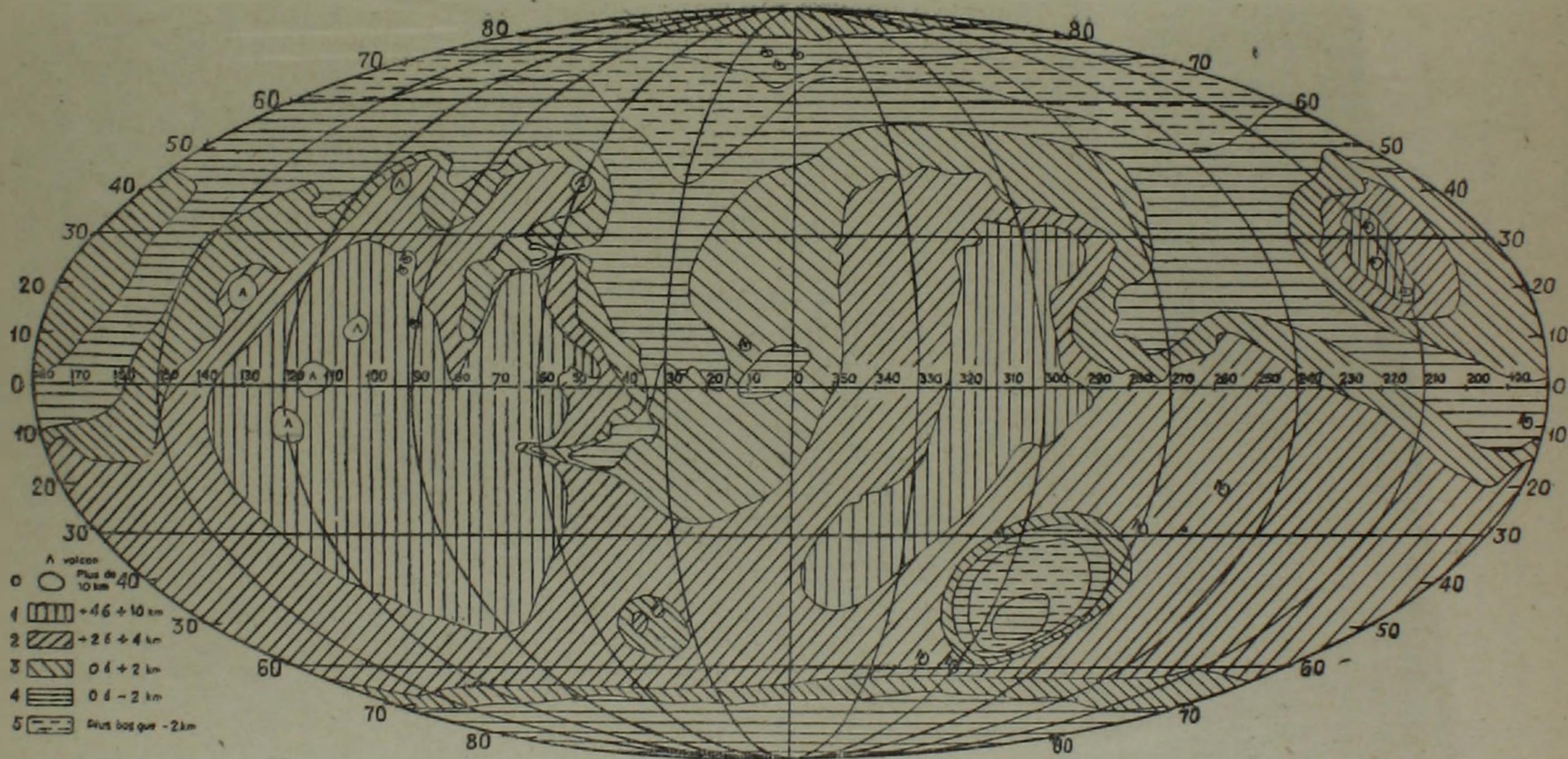
Чтобы устранить эти три помехи, нам представилось полезным, начиная с этого превосходного документа, установить планисферу Марса с обратной эквиповерхностной проекции. В этом предварительном эксперименте мы выбрали таковую Мольвейда (1805), отдавая предпочтение Хаммер-Эйтоффа (1892) по трем причинам. 1. Параллели здесь изображены прямыми, что облегчает чертежи, нанесение на карту и измерения. 2. Она была проконсультирована Э. де Мартоном и многими другими выдающимися географами. 3. Наконец, это она была принята астрономами и астрофизиками для небосвода, когда шла речь о выявлении распределения плотности, так, например, туманности или звезд—излучателей той или иной радиации (рис. 1)¹.

Цель наша—определить, может ли такая карта вскрыть крупные черты рельефа Марса, исключая черты более мелкие. Нам представилось достаточным ограничить масштаб планисферы в 52 см, а на печатанный размер в 26 см. С таким небольшим масштабом было бы невозможно воспроизвести все кривые из основного документа USGS. После экспериментов мы убедились, что лучший результат для комплексного наблюдения достигается с кривыми в $-2,0$; $+2$; $+4$ и $+10$ км. На цветном макете абсолютные отрезки высот, таким образом разграниченные над 0 км, были представлены, так же как и в атласах Земли, начиная снизу бледно-зеленым или затем желтым, оранжевым и темно-коричневым, а ниже 0—средне-зеленым и дальше—густым зеленым цветом². Черным и белым представлено последовательное изображение местности, идущее от чисто черного ниже—2 км, до чисто белого выше +10 км. Крупные вулканы, известные в настоящее время, обозначены буквой V, но существуют и другие.

Чтобы сравнить рельефы Марса и Земли, надо, очевидно, принимать во внимание отдельные высоты прочного основания, абстрагируясь от вод океанов, которые отсутствуют на Марсе. С первого взгляда, видим на Марсе два бассейна почти округлой формы (мульда)—Арсир Планитна и Эллас Планитна, древние кратеры удара, по всей вероятности. В противоположность земным континентам высокие части Марса шире развиты к югу от экватора, чем к северу. Как и на Земле, они образуют три главные неравные массы. Но три впадины (депрессии), которые разделяют эти массы, сливаются к северу, тогда как на Земле, наоборот, три больших океана сливаются к югу. Как и на Земле, существует полярная асимметрия, но если карта правильна в обратном

¹ После эксперимента проекция Хаммера Эйтоффа кажется предпочтительней.

² На рис. 1 цвета соответственно заменены штриховкой: 5—бледно-зеленый, 4—желтый, 3—оранжевый, 2—темно-коричневый, 1—средне-зеленый, 0—зеленый.



смысле: на Марсе, южный полюс, между 0 и —1000 метров; а северный полюс приподнят между +1000 и +2000 и несет самый большой ледниковый купол.

Таковы черты комплекса, которые проявляются четко по шкале и с выбором пяти принятых кривых. Из этого следует, что кривые более сближенные подчеркивают другие основные черты, как крупные впадины.

В общей сложности эквиповерхностная планисфера планетарного тела, таким образом, осуществима. Она имеет те преимущества, при которых представление вида комплекса осуществляется с первого взгляда и дает единственно правильную оценку частот и относительных значений в различных аспектах.

Перевод с французского
Н. Н. Магакян

Поступила 17.VIII.1978

ANDRÉ CAILLEUX

PRESENTATION D'UN PLANISPHERE DU RELIEF DE MARS EN PROJECTION EQUIAREALE

Tant que les planètes et satellites ont été connus par observations faites à partir de la Terre, c'est-à-dire d'extrêmement loin, il était normal que, pour en représenter l'aspect, on ait utilisé une projection perspective, avec point de vue à l'infini, projection qui est celle des photographies obtenues à la lunette ou au télescope. Appelée *orthographique*, celle-ci est l'une des plus anciennes connues, utilisée déjà par Apollonius en 240 avant notre ère. Mais elle a l'inconvénient de ne conserver ni les surfaces relatives, ni les angles; en d'autres termes, elle n'est ni équiareale (= équivalente), ni équiangle (= conforme). Ainsi les cartes anciennes de la Lune, satisfaisantes autour du centre de la face visible, ne donnaient du voisinage de la périphérie qu'une image beaucoup plus réduite et déformée, le terrain y étant vu de biais, de plus en plus obliquement au fur et à mesure qu'on s'approche du bord.

Mais depuis que des vaisseaux cosmiques ont fait le tour de certains astres et en ont pris des photographies de points de vue variés, incomparablement plus rapprochés, et que des mesures radar et autres ont permis d'apprécier les distances, la situation a changé du tout au tout. Des cartes et des planisphères ont été établis. Ceux que j'ai pu consulter sont, à peu d'exceptions près, (1) en projection équiangle. autrement dit on s'est efforcé avant tout de bien représenter les formes, au moins les petites et les moyennes. Pour Mars, par exemple, la totalité de la surface de la planète a été représentée par USGS (United States Geological Survey, (2)) au moyen de 3 cartes équiangles, dont l'une, rectangulaire, allant de 65° S à 65° N, en projection de Mercator transverse. Mais comme chacun sait, cette projection rejeterait les pôles à l'infini. Aussi les régions polaires Nord et Sud, de 55° à 90° de latitude, sont-elles représentées chacune par une carte circulaire en projection polaire. Ces deux cartes, afin d'être elles aussi équiangles, sont *stéréographiques*, c'est-à-dire justement dans une des projections les plus anciennes connues (Hipparque, vers 130 avant notre ère). L'ensemble des trois cartes est un document extrêmement précieux. Les altitudes y sont représentées par de minces isohypses en rouge, à l'équidistance de 1 kilomètre en l'état actuel, encore précaire, des mesures, elles ne sont connues, nous dit la légende, qu'à 1 ou 2 kilomètres près, ce qui est déjà très beau.

Pour avoir au premier coup d'oeil une vue d'ensemble du relief trois cartes, si bonnes soient-elles, ne valent pas un planisphère; qui plus est, sur celles de l'USGS, la représentation des albédos, certes utile, par un estompage brun par endroits très foncé, gêne la lecture des isohypses. Enfin, les projections, n'étant pas équiareales, empêchent d'avoir une idée juste des fréquences relatives des différentes tranches d'altitude.

Pour remédier à ces trois inconvénients, il nous a paru utile d'établir, à partir de ce même excellent document, un planisphère de Mars en projection équiaréale transverse. Dans cet essai préliminaire, nous avons choisi celle de Mollweide (1805) plutôt que celle de Hammer-Attoif (1892) pour trois raisons: 1° Les parallèles y sont représentés par des droites, ce qui facilite les tracés, les reports et les mesures.—2° Elle a été conseillée par E. de Martonne, et plusieurs autres éminents géographes —3° Enfin c'est elle qu'ont adoptée les astronomes et les astrophysiciens pour la voûte céleste, quand il s'agissait pour eux de mettre en évidence une densité de répartition, par exemple celle de nébuleuses ou d'astres émetteurs de telle ou telle radiation.

Notre but étant de voir si une telle carte permet de dégager les grands traits du relief de Mars, à l'exclusion des traits plus petits, il nous a paru suffisant de limiter la minute du planisphère à 52 cm, et le tirage imprimé à 26 cm. A une si petite échelle, il aurait été impossible de reproduire toutes les courbes du document de base de l'USGS. Après essais, il s'est avéré que le meilleur résultat, pour une vue d'ensemble, était obtenu avec les courbes de $-2, 0, +2, +4$ et $+10$ Km. Sur la maquette en couleurs, les tranches d'altitude ainsi délimitées au-dessus de 0 Km ont été représentées, comme dans les atlas terrestres, à partir du bas, en vert très pâle, puis jaune, orangé et enfin brun foncé; et en-dessous de 0, en vert moyen puis vert foncé. En noir et blanc, on a des figurés graduels allant du noir pur en dessous de -2 Km au blanc pur au-dessus de $+10$ Km. Les grands volcans actuellement connus sont indiqués par la lettre V, mais il en existe d'autres.

Pour comparer les reliefs de Mars et de la Terre, il faut évidemment considérer les seules altitudes du socle solide, en faisant abstraction de l'eau des océans qui manque sur Mars. Au premier coup d'oeil on voit sur Mars les deux bassins presque circulaires d'Argyre Planitia et d'Hellas Planitia, anciens cratères d'impact selon toute vraisemblance. Contrairement aux continents terrestres, les parties hautes de Mars sont plus étendues au Sud de l'Equateur qu'au Nord. Comme sur la Terre elles forment trois masses principales, inégales. Mais les trois dépressions qui séparent ces masses confluent vers le Nord, alors que sur Terre, au contraire, les trois grands océans confluent vers le Sud. Comme sur la Terre, il y a antisymétrie polaire, mais la carte d'USGS est exacte, en sens inverse: sur Mars, c'est le Pôle Sud qui est déprimé, entre 0 et -1000 mètres, et le Pôle Nord qui est surélevé, entre $+1000$ et $+2000$, et qui porte la plus grande coupole de glace.

Tels sont les traits d'ensemble qui apparaissent nettement, à l'échelle et avec le choix des 5 courbes adoptées. Il va de soi que des courbes plus rapprochées mettent bien en évidence d'autres traits fondamentaux, comme les grandes fossés.

Au total, un planisphère équiaréal d'un corps planétaire est donc réalisable. Il a l'avantage d'en offrir une vue d'ensemble parlante au

premier coup d'oeil, et de permettre seul une juste évaluation des fréquences et importances relatives des divers aspects.

Nota Bene.--Après essai, il semble que la projection d'Hammer-Attoff serait préférable.

Kartographische Netzentwürfe, Leipzig.

O U V R A G E S C I T É S

- (1) Martian albedo features and topography (1973), 1:28 600 00. Lambert azimuthal equal area projection. 3 cartes centrées sur les méridiens 0, 120 et 240. Planetary research center, Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona 86001, U. S. A.
- (2) Topographic map of Mars (1976), 1:25 000 000. Atlas of Mars, topographic series, M 25 M 3 RMC. 1-961, US Geological Survey, Denver, Colorado 80225, U. S. A.

ԱՆԳՐԵ ԿԱՅՈ

ՄԱՐՍԻ ՌԵԼԻԵՖԻ ՀԱՐԹԱԳՆԴԻ ՊԱՏԿԵՐՈՒՄԸ
ՀԱՄԱՄԱԿԵՐԵՍԱՅԻՆ ՊՐՈՅԵԿՏԻԱՅՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Նախկինում լուսնի և մոլորակների քարտեզների մեծամասնությունը կազմվում էր այսպես կոչված օրթոգրաֆիական պրոյեկցիայում: Լուսնի և մոլորակների համար դրանց մեծամասնությունը կարելի է ընդունելի համարել: Սակայն որոշ նպատակների համար անհրաժեշտ են համահավասար մակերես ունեցող քարտեզներ, բայց հայտնի է, որ ոչ մի պրոյեկցիա միաժամանակ չի կարող ծավալված հանդիսանալ և ունենալ համահավասար մակերեսների հատկություն:

USGS-ի կողմից հրատարակված Մարսի քարտեզը ծավալված պրոյեկցիայի հետաքրքիր փաստաթուղթ է: Այդ քարտեզի հիման վրա մեր կողմից կազմված է Մարսի հարթագունդը համահավասար մակերես ունեցող մոլվեյդյան պրոյեկցիայում:

Մենք համարում ենք, որ Համմեր-Այտոֆի համահավասար մակերեսով հարթագունդը կարող է ավելի լավ լինել, քանի որ քեռային և հասարակածային մարզերն ավելի քիչ են ձևափոխված, և զուգահեռ կորերն ավելի լավ պատկերացում են տալիս մոլորակի գնդաձևության մասին:

A U T R E S O U V R A G E S C O N S U L T É S

- Christensen (E. J.) (1975) Martian topography derived from occultation, radar... etc. J. Geophys. Res., 80, 2909-2913.
- Deetz (C. M.) and Adams (O. S.) (1945) Elements of map projections. U. S. Dept. of Commer. Coast and Geod. Surv., Sp. Publ. 68, 226 p., 89 fig., 15 pl., Washington.
- Flammarion (C.) (1892) La planète Mars et ses conditions d'habitabilité. t. I, 605 p. ill.; t. II, 603 p. ill. Paris, Gauthier-Villars.
- Kopal (Z) et Carder (R. W.) (1974) Mapping of the Moon, 237 p., 162 fig., Dordrecht-Boston, D. Reidel.

-
- Martonne (Emm. de)* (1925) *Traité de Géographie physique*, t. I, 496 p., 193 fig., Paris, Armand Colin.
- Mitch (A) et alii.* (1976) *The geology of Mars*. 400 p. III. Princeton University Press.
- Ralsz (E.)* (1953) *Cartografia general*, 435 p., 292 fig., Barcelona. Omega. Translated from english.
- Reignier (F.)* (1957) *Les systèmes de projection*, 312 p., 90 fig., 48 graphiques. Paris. Institut géographique national.
- Sallitschew (K. A.)* (1967) *Einführung in die Kartographie*, 198 p., 50 fig., Gotha (Haack). Traduit du russe.
- Wagner* (1900) *Lehrbuch der Geographie*. 882 p., 84 fig., Hannover und Leipzig. Hahn.