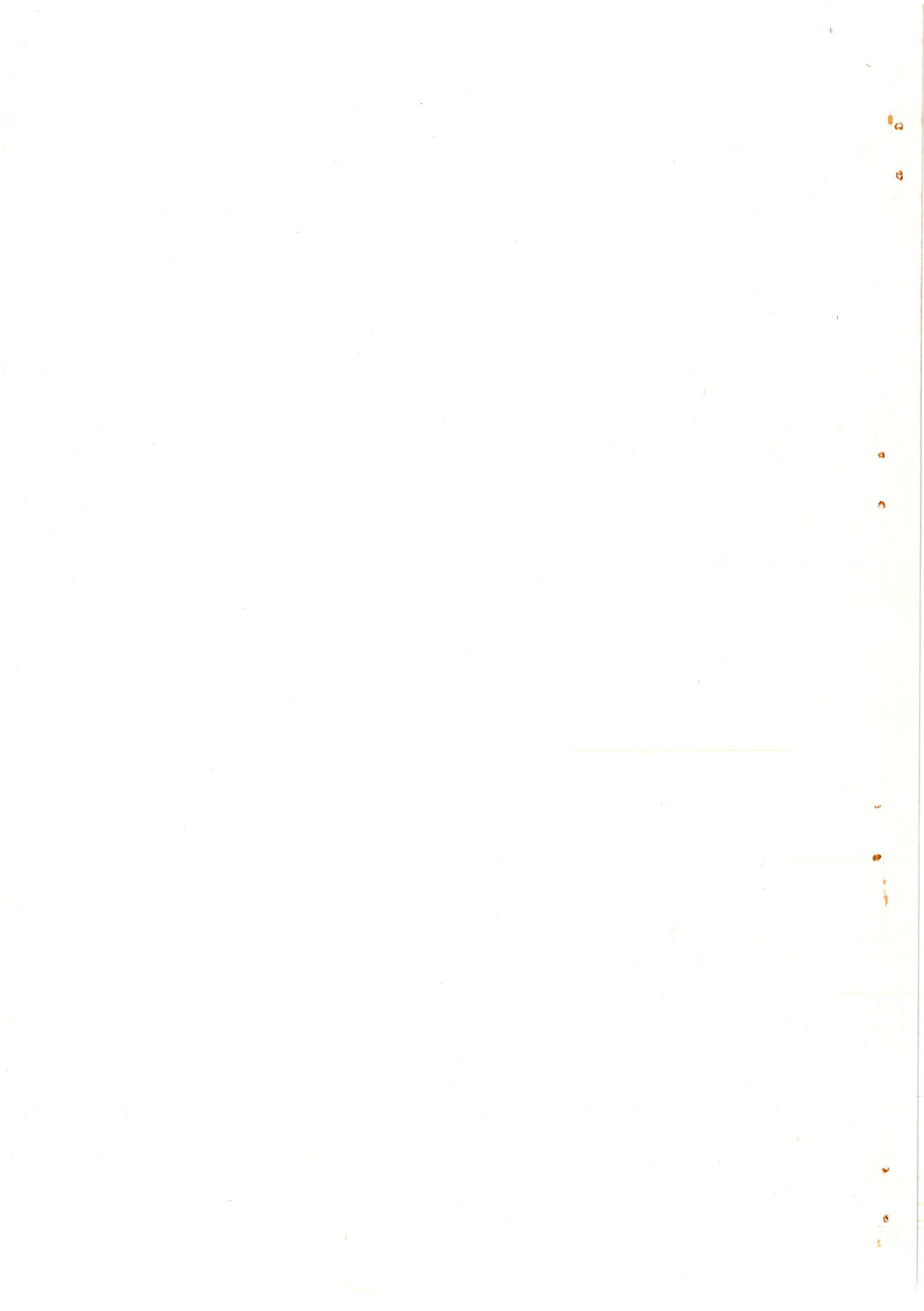


B

QUELQUES REMARQUES

SUR LES DIFFERENTES FAÇONS

D'ETUDIER LE SYSTEME SOLAIRE



Vu de loin, ou considéré dans l'esprit du 19e siècle, le système solaire est composé de 9 corps gravitant autour d'un corps central. Les corps ont des dimensions, masses et élasticités diverses ; ils interagissent par la gravitation selon la loi de Newton. Dans cet esprit, nous étudions le système solaire pour raffiner nos connaissances de ses paramètres mécaniques (masses, échelle de distances, etc) et pour pouvoir calculer à une précision arbitraire les mouvements d'un corps donné en tenant compte des perturbations introduites par tous les autres. A l'exception de la loi de Newton, la physique n'intervient pas ; nous savons en principe écrire toutes les équations du problème, mais la solution mathématique exacte n'est pas connue.

Pourtant, vu de près, chaque corps du système solaire présente des caractéristiques uniques, par exemple, le type d'atmosphère et sa composition, la nature et la température de la surface, la structure interne, le champ magnétique, etc... Ces propriétés n'ont pas toujours un rapport direct avec la gravitation ; c'est plutôt la compétition entre plusieurs phénomènes physiques et chimiques qui fixent l'état actuel d'un corps donné et son évolution. Il en est de même pour le milieu tenu interplanétaire : ignoré entièrement par la mécanique céleste (sa masse totale est certainement inférieure à 10^{21} g, soit une contribution au système solaire de l'ordre de 10^{-12} % !), le milieu interplanétaire se manifeste par son interaction physique avec les atmosphères des planètes - par exemple, les aurores sont produites par des particules rapides éjectées par le Soleil. Il est facile de distinguer la basse atmosphère de la Terre du milieu interplanétaire, mais il est beaucoup moins facile de préciser à quel endroit l'atmosphère terrestre se confond avec ce milieu : en effet, on peut considérer que les couches externes très ténues du Soleil s'étendent jusqu'aux confins du système solaire.

En tant que problème de physique le système Solaire présente certaines difficultés particulières :

- 1) On trouve dans le système solaire des conditions physiques assez extrêmes, ce qui soulève un certain nombre de questions d'ordre fondamental : par exemple, peut-on définir la température du milieu interplanétaire, dont la densité est de l'ordre de 10 particules par cm^3 ? Quelle est la nature physique

(gaz, liquide, solide) du Soleil, dont la densité moyenne est de l'ordre de $1,4 \text{ g cm}^{-3}$? Il est vrai que hors du système solaire on trouve des conditions encore plus extrêmes que celles-ci, mais elles sont peu accessibles ; grâce à la matière dans le système solaire, nous pouvons "tester" certaines notions de la physique courante afin de les appliquer aux étoiles. Le Soleil, en particulier, se révèle comme un objet très compliqué ; il est une étoile comme les autres mais, étant donné sa proximité, nous pouvons étudier des phénomènes que nous n'observons pas directement dans les autres étoiles.

2) Le système solaire est le seul système planétaire qui soit connu. Or, la physique expérimentale procède, pour la plupart du temps, par élimination afin d'isoler les paramètres dont dépend un phénomène particulier. Considérons, par exemple, la gravitation. La force de gravitation pourrait dépendre de la couleur d'un corps aussi bien que de sa masse. Un expérimentateur mesurerait les forces attractives de plusieurs corps de la même masse ayant des couleurs différentes ; il trouve ainsi que la couleur n'intervient pas. Dans le cas du système solaire, cette méthode n'est pas possible : on ne sait pas directement quelles sont les caractéristiques du système solaire (son existence même !) qui sont une conséquence inévitable de l'évolution stellaire, et quelles sont celles qui sont un effet du hasard.

3) Jusque vers les années 60, nous ne pouvions observer les planètes qu'à travers l'atmosphère terrestre. Or, l'atmosphère est turbulente (même aux sommets des montagnes !), ce qui impose une limite supérieure à la résolution : par conséquent, on ignorait la topographie de Mars et de Mercure en particulier -seules planètes à avoir une surface visible. Les sondes interplanétaires ont complètement révolutionné nos connaissances à cet égard. Par exemple, on observe sur Mars et Mercure une topographie très semblable à celle de la Lune. Or, on pense à l'heure actuelle que la configuration du sol lunaire a été en grande partie formée par le bombardement des météorites : ces observations suggèrent que dans le passé le système solaire "baignait" dans un "nuage" de petits corps qui "bombardaient" toutes les planètes. Remarquons qu'en nous proposant un processus "universel" pour la fabrication des cratères, les sondes ont remplacé un problème par deux autres : l'origine de ces petits corps hypothétiques et leur disparition.

4) L'intérieur de la Terre est relativement bien connu grâce à l'étude des séismes. Le projet "Appolo" a laissé sur la Lune quelques séismomètres, et ainsi on commence à pouvoir étudier sa structure interne. En ce qui concerne les autres planètes, on n'a aucune information aussi "directe" ; en effet, on est obligé de fonder les modèles des planètes essentiellement sur leur masse et leurs densités.

Remarquons qu'une bonne théorie du champ magnétique de la Terre n'existe pas : peut-être une étude comparative de Mars (apparemment sans champ), de la Terre, de Vénus (apparemment sans champ) et de Mercure (avec un champ très faible) donnera quelques indications.

5) Les atmosphères planétaires témoignent de la présence de différentes conditions "météorologiques" sur les diverses planètes. La différence entre l'atmosphère de Vénus (beaucoup de CO_2 , très peu d'eau) et celle de la Terre (peu de CO_2 , beaucoup d'eau) pose un problème particulièrement intéressant : la seule différence physique apparente entre ces deux planètes est la quantité de rayonnement reçue du Soleil.

Nous voyons alors que les différences entre un "mécanicien céleste" et un "planétologiste" peuvent être résumées de la manière suivante : du point de vue de la mécanique céleste, le système solaire est un problème mathématique qu'on sait formuler, mais auquel on ne connaît qu'une solution approximative, tandis que du point de vue de la physique, le système solaire représente une solution à un problème qu'on ne sait pas formuler.

1891
The first of the year
was a very dry one
and the crops were
very poor.

The second of the year
was a very wet one
and the crops were
very good.

The third of the year
was a very dry one
and the crops were
very poor.

The fourth of the year
was a very wet one
and the crops were
very good.

The fifth of the year
was a very dry one
and the crops were
very poor.

The sixth of the year
was a very wet one
and the crops were
very good.

The seventh of the year
was a very dry one
and the crops were
very poor.