

## ÉTUDE DE MATÉRIELS POUR LE CONTRÔLE D'UN BASSIN

Communication  
présentée au Comité technique  
de la Société Hydrotechnique de France  
le 21 mars 1969

PAR F. CLERC \*

### Introduction

La connaissance des ressources en eau et le contrôle de la pollution nécessitent la mise en œuvre, dans chaque bassin hydrologique, d'un réseau de mesures centralisé permettant la collecte, la transmission et le dépouillement automatiques des grandeurs intéressantes.

On conçoit ainsi un poste central de rassemblement et de dépouillement automatique, relié par des voies de transmission de formes diverses, à des stations satellites disséminées dans le bassin; celles-ci collectent elles-mêmes les mesures variées provenant de capteurs locaux.

La CdC ayant depuis plusieurs années développé la construction de stations météorologiques automatiques dont les principes constructifs pouvaient s'étendre à l'eau, s'est vu confier par la DGRST un contrat de recherche sur ce thème.

L'étude porte essentiellement sur la station locale ci-dessus, et doit aboutir à la réalisation de prototypes essayables sur le terrain. En outre, une étude technique particulière y est incluse, concernant la mesure du niveau avec une bonne précision, sur une hauteur de l'ordre de 20 m environ.

Nous nous proposons d'exposer ci-après les principes et solutions dont notre Compagnie poursuit la mise en œuvre à ce titre, en liaison avec le Comité de Contrôle de la DGRST, et les organismes intéressés par l'exploitation de tels équipements.

Nous examinerons successivement :

- les grandeurs contrôlées, les conditions de leur mesure, les moyens employés;
- la physionomie d'une station collectrice locale, sa constitution, et sa liaison avec le centre de dépouillement;
- enfin nous ferons le point de l'étude en cours concernant la mesure du niveau.

### Grandeurs à mesurer

#### Quels sont les buts ?

Il y a d'abord le besoin d'établir le bilan des ressources en eau, à partir de mesures quantitatives d'ordre hydrologique et météorologique.

Puis celui d'analyser les causes de pollution, de contrôler l'effet des moyens mis en œuvre pour la combattre, tant en milieu naturel qu'à la sortie des établissements pollueurs.

Nous conviendrons que ces mesures soient dites qualitatives par commodité; les unes devront caractériser l'état général des cours d'eau d'un certain périmètre, les autres, plus spécialisées, exprimeront la teneur en certains polluants déterminés, spécifiques des diverses activités industrielles.

Enfin, on doit envisager des alarmes lorsque certains seuils de sécurité sont dépassés (crues, taux de pollution).

#### Inventaire. Classement.

Des consultations et échanges de vues nous ont conduits au classement suivant, qui n'est certainement ni rigide ni limitatif :

\* Ingénieur à la Compagnie des Compteurs.

## F. CLERC

Sous l'angle des ressources. } Niveau (et débit);  
précipitations;  
vitesse du vent;  
radiation calorifique  
ou ensoleillement (éva-  
poration).

Notons l'importance particulière du niveau et de la pluie, ce qui a conduit à la notion de station « bimesures ».

Sous l'angle de la pollution en milieu naturel, pour la recherche en un site déterminé pendant une période de temps limitée. } Une dizaine de grandeurs, dont :  
— oxygène dissous;  
— pH;  
— conductivité;  
— température de l'eau;  
— potentiel redox rH;  
— chlorures;  
— radiation ou ensoleillement;  
— température de l'air;

Pour la gestion permanente d'un réseau de contrôle de pollution. } Quelques grandeurs caractéristiques seulement :  
— oxygène dissous;  
— pH;  
— température.

Pour les alarmes (seuils de toxicité). } Quelques termes à préciser suivant les conditions locales :  
— ions métalliques;  
— matières organiques.

### Répartition. Densité. Permanence.

Il n'est pas envisagé de consteller le bassin par des points de mesure nombreux et permanents. On procédera plutôt par exploration dense, pendant un temps limité (disons un an ou deux), d'une ou plusieurs aires considérées comme représentatives d'un territoire plus vaste. Il pourrait s'en dégager le choix de certaines mesures permanentes à faire en certains points, et qui suffiraient à caractériser le comportement d'ensemble du bassin.

D'où la distinction entre stations mobiles, autonomes, commodément adaptables à des emplacements successifs, et stations fixes qui, elles, pourraient justifier un équipement plus onéreux en transmissions et apport d'énergie.

Rappelons que les stations locales différeront aussi par le nombre de paramètres collectés.

### Cadence de prélèvement des mesures.

L'évolution des diverses grandeurs se faisant en général lentement, il est admis que les mesures peuvent être prélevées à la même cadence pour toutes. On a retenu la gamme des cadences de la météorologie : 6, 15, 30 mn; 1, 3, 6, 12 h, parmi lesquelles l'équipement doit permettre de faire un choix.

En période normale, le pas de temps de 1 heure paraît convenable. La possibilité d'accélérer momentanément la cadence sur une voie ou une autre, doit être assurée, soit à volonté, soit automatiquement (surveillance des crues par exemple).

### Echelles. Précision.

Pour nous limiter à quelques paramètres essentiels, voici des ordres de grandeur envisagés :

Niveau  
grandes amplitudes : 10 à 20 m : 3 à 5 cm,  
moyennes amplitudes : 5 à 20 m : 1 à 2 cm,  
étiages : de l'ordre de 1 m : 0,5 à 1 cm.  
précipitations : 100 à 1 000 mm/h : 0,1 mm  
température de l'eau 0 à 50 °C : 0,2 à 0,5 °C

## Contraintes géographiques

Enumérons les principales, qui pèsent sur la conception de la station et l'organisation de ses liaisons avec le poste central :

Les points de mesure élémentaires seront plus ou moins disséminés dans des paysages divers : plaines, régions accidentées, montagneuses, habitées ou peu fréquentées.

Leur accès est plus ou moins bien assuré en tous temps, interdit pour certains pendant plusieurs mois d'hiver; la fourniture d'énergie par un secteur électrique n'est pas assurée pour tous, ni la proximité de lignes de transmissions téléphoniques.

Tous ces facteurs imposent donc un matériel robuste, pouvant être exploité par un personnel parfois peu technicien, consommant peu d'énergie pour que l'alimentation puisse se faire par piles ou batterie, assez compact pour être déplacé d'un point à un autre s'il est nécessaire.

## Capteurs de mesure

On s'impose l'emploi de capteurs existants dans toute la mesure du possible. Or ils sont assez variés, et la nature des signaux qu'ils délivrent est également diverse.

Les préférences des exploitants pouvant elles-mêmes différer d'une région à l'autre, il a paru prudent d'admettre à l'avance une certaine pluralité de types, la normalisation des signaux à l'entrée pouvant se faire par l'insertion de dispositifs adaptateurs.

Le niveau peut se mesurer par limnimètre à flotteur actionnant mécaniquement un codeur ou un émetteur d'impulsions; par mesure d'une pression d'air d'insufflation équilibrant la colonne d'eau, avec manomètre transmetteur d'un signal codé ou d'un courant continu; par mesure directe de la hauteur totale et correction de la pression atmosphérique, au moyen d'un manomètre à jauges de

contrainte par exemple, qui délivre une variation de résistance, etc.

Pour la pluie, l'ONM ayant adopté le pluviomètre à augets basculants, le signal est un nombre d'impulsions intégré dans le temps.

C'est aussi le cas pour la vitesse du vent.

Pour la température de l'eau, nous pensons employer un thermomètre à résistance de platine dont les variations seraient transformées en un signal numérique.

Quant aux principaux analyseurs à électrodes : pH, oxygène, conductivité, chlorures, ils délivrent une tension variable qui sera également numérisée.

L'adaptation des signaux émis par les capteurs pour les normaliser à l'entrée sera d'autant moins coûteuse qu'une certaine sélection aura pu être faite parmi eux. Les performances, la fiabilité, le prix, la consommation d'énergie, la facilité d'exploitation et d'entretien, constituent eux-mêmes d'autres critères du choix.

### **Physionomie d'une station locale de collecte Sa liaison avec le poste central de dépouillement**

Du point de vue nombre de grandeurs contrôlées, nous avons été conduits à envisager deux *tailles* de station locale : l'une T1 (qui sera la plus nombreuse) recevant deux ou trois paramètres essentiels, l'autre T2 pouvant en recevoir jusqu'à une quinzaine.

Nous avons vu plus haut que le niveau et la pluie sont les deux mesures essentielles pour l'étude des ressources.

Un autre facteur déterminant est le mode de délivrance des informations à la *sortie*; il est prévu trois possibilités :

S1. *Stockage local, avec ramassage périodique* (tous les mois en principe).

Pour des raisons pratiques, on envisage ce stockage en code DCB sur bande perforée. Une telle station fonctionnera en isolée et sera alimentée par piles ou batterie; ses constituants doivent donc être faibles consommateurs.

Cette version est essentiellement envisagée pour les stations de la taille T1.

S2. *Emission automatique sur programme horaire, à travers un support de transmission classique (fil ou radio).*

S3. *Appel automatique cyclique, télécommandé depuis le poste central.*

Enfin il faut aussi considérer le type de transmissions dont on pourra disposer entre station locale et poste central : par fil ou par voie hertzienne. Le premier coexistera avec l'amenée d'énergie; il assure une bonne sécurité de la transmission en tous temps et en tous terrains; mais sa pose peut être onéreuse, ce qui tend à l'éliminer pour les stations non permanentes.

Le second type laisse toute mobilité à la station, mais est grevé de servitudes : attribution de fréquences par les P-et-T, possibilités de propagation liées au paysage, moindre sûreté de transmission.

Voyons maintenant la composition interne de l'une ou l'autre de ces variantes; dans tous les cas nous trouverons :

- des éléments d'entrée des signaux, soit directs s'ils sont numériques, soit mis en forme par des adaptateurs;
- un programmeur définissant la séquence des mesures;
- un registre stockant les mesures en attendant qu'elles soient transmises ou enregistrées localement;
- une logique de sortie qui les extrait du registre, et les codes pour transmission ou enregistrement;
- en plus, pour S2, il faut dans chaque station locale, une horloge qui doit être précise pour éviter les « bavures » entre stations d'un même bassin;
- pour S1, il faut naturellement une horloge et un enregistrement (bande perforée);
- par contre, la variante S3, qui est appelée par le poste central, n'a pas besoin d'horloge ni de fonction dateuse. Sa constitution est donc plus simple et sa maintenance facilitée;
- mentionnons enfin que les versions S2 et S3 présentent sur S1 l'avantage d'une détection sans délai d'un mauvais fonctionnement éventuel;
- ces diverses considérations montrent qu'il est nécessaire de pouvoir faire face à des cas d'emploi différents, par combinaison d'éléments de base aussi répétitifs que possible. C'est pourquoi nous avons prévu une construction modulaire assurant le maximum de souplesse;
- disons, pour conclure sur ce sujet des stations de collecte automatique, que nous prévoyons la mise à l'essai sur un site, à l'automne prochain, d'un prototype de station bi- ou tri-mesures. Un autre prototype de station polymesures est envisagé pour le printemps 1970.

### **Etudes particulières concernant la mesure du niveau**

Une première étude a porté sur un système d'insufflation à buses étagées.

L'idée est de fractionner la hauteur à mesurer en plusieurs modules de hauteur unitaire connue, correspondant chacun à une buse d'insufflation d'air ou de gaz. Le pas correspond à l'étendue d'échelle d'un manomètre de classe 1 % courante, ce qui permet d'obtenir la précision du 1/1000<sup>e</sup> avec 10 modules.

Un niveau déterminé est ainsi caractérisé par le nombre de modules immergés (unités entières) et la lecture du manomètre (décimales).

— Un scrutateur utilisant le gaz d'insufflation comme fluide moteur, compte le nombre de modules immergés et assure la commutation automatique d'une buse à la suivante.

## F. CLERC

— Le manomètre est équipé d'un servo-mécanisme délivrant un signal de sortie sous forme de rotation d'un axe, auquel est accouplé un codeur numérique.

— La cadence des mesures est commandée par un petit programmeur, et le gaz est ainsi débité de façon intermittente, pour limiter la consommation et assurer une autonomie d'un mois minimum.

— Technologiquement, pour la mesure en puits, les buses seraient fixées à un train de tiges, assurant l'espacement, chacune étant alimentée par un tube plastique de  $\varnothing$  5 mm environ. Le tout serait gainé d'un tube protecteur plastique, d'un diamètre extérieur de l'ordre de 45 mm.

Pour le montage sur berges, les buses pourraient être ancrées séparément à des hauteurs repérées.

— Un prototype de cet ensemble a été soumis à essais en laboratoire, et divers types de buses expérimentés; des résultats intéressants en sont sortis concernant la forme, la consommation, l'imprécision, le « bruit » du bullage, etc.

Nous recherchons actuellement des simplifications qui permettraient d'abaisser le prix, en particulier dans les cas où l'énergie secteur serait disponible, et où les facilités de ravitaillement en gaz permettraient d'être moins rigoureux sur la consommation.

— D'autre part, nous abordons une autre technique de mesure, faisant appel à deux capsules de pression absolue montées en différentiel : l'une mesurant la pression totale eau + atmosphère, l'autre la pression barométrique.

Les progrès déjà réalisés dans la fabrication des jauges de contrainte, et ceux qu'on peut espérer de la technique dite « par évaporation », permettent d'espérer une bonne stabilité et une fixité du zéro pendant un temps suffisamment long pour assurer une durée d'autonomie convenable à la station.

Un tel capteur délivrerait un signal en forme de variation de résistance, c'est-à-dire homogène avec le capteur de température cité plus haut; il en résulterait une communauté d'adaptateur favorable à l'économie de la station.

---

## Discussion

*Président : M. J. HENTSCHELL*

---

M. le Président remercie M. CLERC de nous avoir présenté le point de vue du constructeur en apportant d'utiles informations en particulier dans le domaine de la technologie.

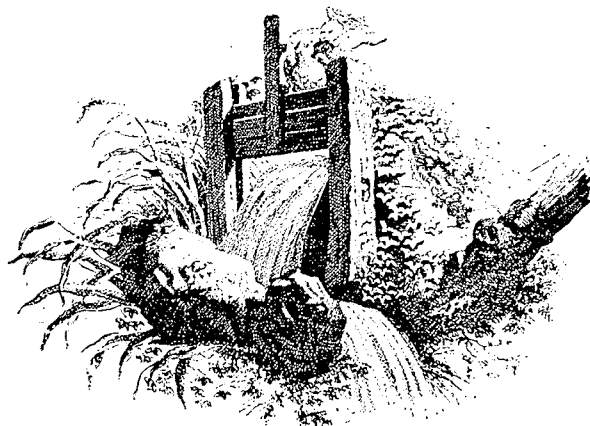
M. le Président clôt la séance en ces termes :

« Je crois que l'importance et la qualité de l'auditoire et aussi celles des communications qui vous ont été présentées ainsi que le nombre des interventions qu'elles ont appelées doivent pleinement rassurer — s'il en était besoin — les promoteurs de cette réunion sur son opportunité. En effet, malgré son aspect un peu austère et spécialisé, l'importance et l'actualité actuelles des problèmes de l'utilisation de l'eau tant à l'échelle nationale qu'internationale, justifient qu'un tour d'horizon très large soit fait des progrès que la technique moderne apporte à la fois sur le plan du captage de l'information proprement dite et sur celui de son exploitation ultérieure.

« La grande dispersion dans l'espace et dans le temps des opérations à effectuer pour la collecte et l'élaboration des mesures donne une importance particulière à ce tour d'horizon. Les éclairages distincts qui ont été donnés ici à cette approche du problème, qu'il s'agisse de l'inventaire des ressources en eau, de l'hydroénergie, des problèmes d'irrigation, etc., étaient également très intéressants.

« Je me félicite donc particulièrement de l'intérêt de la confrontation d'aujourd'hui et je me réjouis aussi de voir que son audience a débordé le cadre de nos frontières; nous avons apprécié tout particulièrement les interventions de nos amis italiens et belges. »

M. le Président remercie les auditeurs de l'attention qu'ils ont apportée aux débats et lève la séance à 12 h 10.



---

**Abstract****River basin control instrumentation****by F. Clerc \***

---

In order to keep track of river basin water resources and to keep pollution in check, each basin requires a central measurement network automatically collecting and transmitting the data and extracting the most important information therefrom. In other words, such a system could take the form of a central automatic data-collection and abstracting station transmitting by various links to satellite stations at strategic points in the basin and with the latter collecting data from local instruments.

The report lists the main points of the study, i.e. a review of the values to be checked and necessary means of measurement, the setting-up of a local collecting station and its link with the abstracting station. A special study on stage measurement is in progress.

*Water resources:* Stage and precipitation are considered of capital importance in this respect.

*Pollution:* Water temperature, conductivity, pH value and dissolved oxygen are the most important factors here, followed by turbidity, chlorides, nitrates, fluorides and precipitation. Environmental factors also need considering, i.e. air temperature, sunshine, wind velocity and atmospheric pressure.

This has led to the author's distinction between "bi-measurements" and "polymeasurements" between permanent and mobile stations, which latter are installed temporarily for detailed analysis of a limited area.

The rate of measurement should be the same for all the quantities measured, but leaving a margin of choice. More frequent measurements can be carried out on important rivers if required, i.e. of stage and precipitation for flood control purposes.

Stage measurement accuracy aimed at is to within 0.5 cm to 1 cm for levels around 1 metre, and to within 3 cm to 5 cm if around 20 metres.

A local station should be designed to accommodate different types of pick-up, though they should preferably be of an existing type; signal adaptation means are therefore provided for.

Three alternative forms of information delivery are provided for: 1) local perforated or magnetic tape storage and collection at periodic intervals; 2) automatic hourly transmission by conventional telephone or wireless; and 3) automatic cyclic calls for information controlled from the main abstracting station.

A station designed for a variety of uses is of modular construction, comprising direct or converted signal input units, a programmer reading the measurements, data storage, a logical output system extracting the data from storage and coding them up for transmission or local recording.

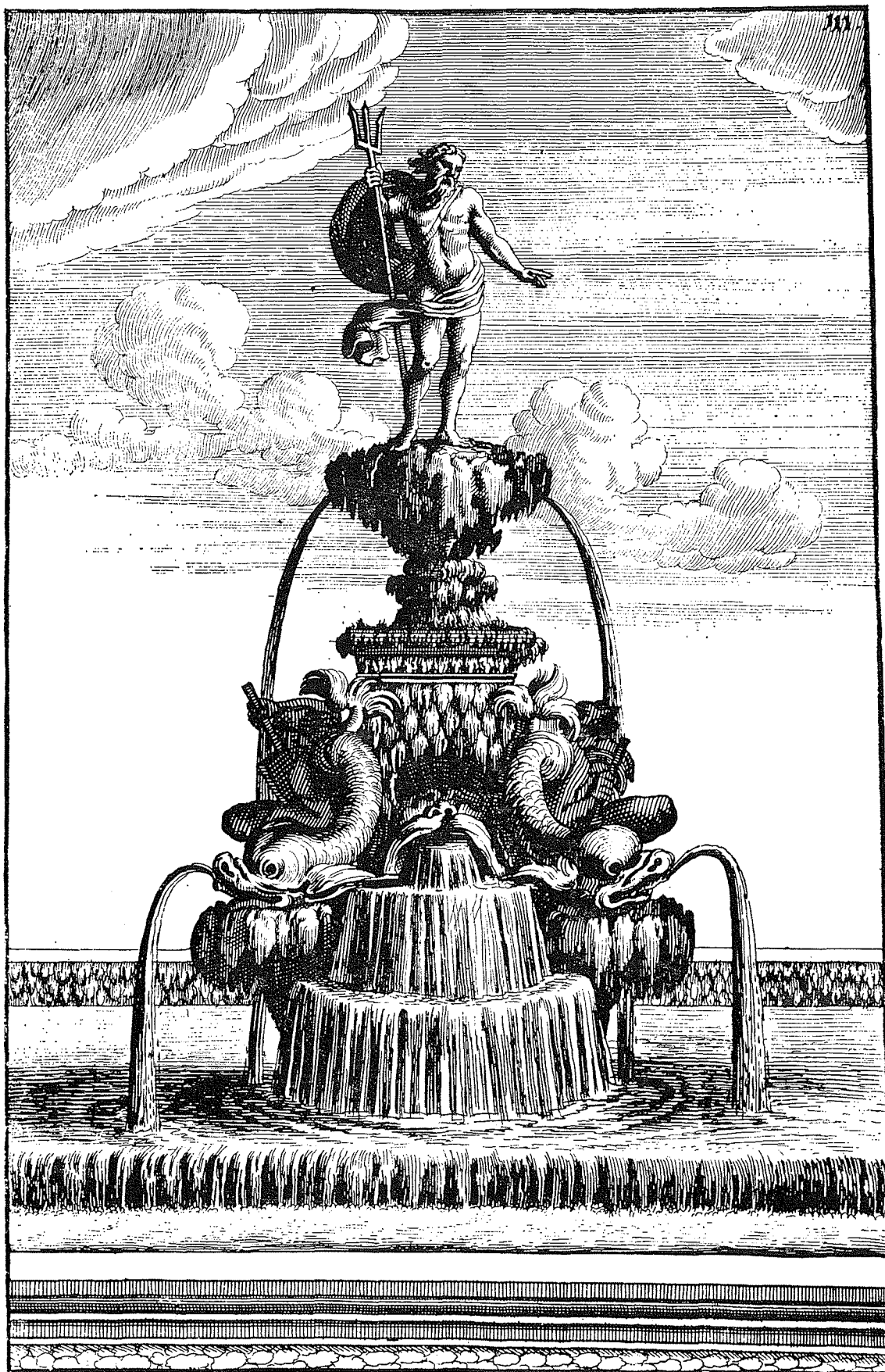
Some forms of station can dispense with storage and dating functions, which are incorporated into the central station instead (if of the type periodically calling up the satellites).

Other forms of station, however, will require all the necessary functions to allow completely independent operation for at least a month (power supply, dating and recording of information).

The final item referred to in this paper is a special technological study on a stage measurement method in which the maximum stage to be measured is divided up into a number of sections each corresponding to a particular gas supply nozzle, with continuous stage measurement along each section by a manometer. The result is thus the sum of two terms, i.e. the number of sections under water and the manometer reading. This "Vernier" system gives accurate results over the full stage range.

---

\* Ingénieur à la Compagnie des Compteurs.



Gravure extraite de *Architectura curiosa nova* par G. A. BOCKLERN  
Nuremberg (1664)