



**HAL**  
open science

## Relecture critique de quelques articles relatifs à l'orientation du bassin de Bibracte

Éric Chariot, Vincent Boudon, Loïc Chaux, Aurélia Cheyrezy, Thierry  
Coppin, Samuel Wyndaele

► **To cite this version:**

Éric Chariot, Vincent Boudon, Loïc Chaux, Aurélia Cheyrezy, Thierry Coppin, et al.. Relecture critique de quelques articles relatifs à l'orientation du bassin de Bibracte. 2023. hal-03410874v2

**HAL Id: hal-03410874**

**<https://hal.science/hal-03410874v2>**

Preprint submitted on 20 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## RELECTURE CRITIQUE DE QUELQUES ARTICLES RELATIFS À L'ORIENTATION DU BASSIN DE BIBRACTE

Éric Chariot<sup>1</sup>, Vincent Boudon<sup>1,2</sup>, Loïc Chaux<sup>1</sup>, Aurélia Cheyrezy<sup>1</sup>, Thierry Coppin<sup>1</sup>,  
Samuel Wyndaele<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Groupe Investigations Archéoastronomie de la Société Astronomique de Bourgogne,  
79, Boulevard des Bourroches, 21000 Dijon, France.

<sup>2</sup>Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS/Université Bourgogne  
Franche-Comté, 9 Av. A. Savary, BP 47870, 21078 Dijon Cedex

---

**Résumé :** Depuis sa découverte en 1987, le bassin monumental du site archéologique de Bibracte interroge les archéologues de par son orientation atypique dont on pensait qu'elle ne suivait pas la voie sur laquelle il est sis. Nous étudions 4 publications archéoastronomiques traitant de l'orientation du petit axe et du grand axe sur le lever du Soleil au solstice d'hiver ou sur des étoiles particulières et nous discutons la validité de ces hypothèses.

---

**Mots-clés :** archéoastronomie, archéologie, astronomie, alignement stellaire, orientation, solstice, Bibracte, bassin monumental

---

### Plan :

|  |    |
|--|----|
| 1. LE DOSSIER ARCHÉOLOGIQUE .....                              | 2  |
| 2. THÈSES DES AUTEURS .....                                    | 5  |
| A. ALIGNEMENT DU PETIT AXE SUR LE SOLSTICE D'HIVER .....       | 5  |
| B. ALIGNEMENT DU GRAND AXE SUR CASTOR .....                    | 5  |
| C. ALIGNEMENT DU GRAND AXE SUR DIPHDA.....                     | 6  |
| 3. CRITIQUE ASTRONOMIQUE .....                                 | 6  |
| A. PRÉCISION DES MESURES ANGULAIRES .....                      | 6  |
| B. MÉTHODE ET CALCULS .....                                    | 7  |
| C. HYPOTHÈSE DU PETIT AXE ALIGNÉ SUR LE SOLSTICE D'HIVER ..... | 10 |
| D. HYPOTHÈSE « CASTOR » SUR LE GRAND AXE .....                 | 12 |
| E. HYPOTHÈSE « DIPHDA » SUR LE GRAND AXE .....                 | 14 |
| 4. LES DERNIÈRES DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES.....                   | 14 |
| 5. CONCLUSIONS .....   | 15 |
| 6. BIBLIOGRAPHIE.....  | 15 |

# 1. Le dossier archéologique

La Figure 1 présente l'ensemble du site archéologique de Bibracte. Le « bassin monumental » de Bibracte (Figure 2) est une construction en grand appareil découverte au cœur de l'oppidum de Bibracte en 1987 (Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991). La conjonction de plusieurs traits singuliers – sa forme insolite en amande issu d'un tracé géométrique, sa localisation atypique au centre de la voie la plus passante de l'oppidum et sa datation précoce (vers le milieu du 1<sup>er</sup> siècle avant notre ère, ou du moins le troisième quart de ce siècle) pour une construction de style méditerranéen – ont immédiatement incité ses découvreurs à formuler l'hypothèse d'une orientation astronomique (Figure 3) (Almagro-Gorbea 1991 ; Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991, p. 158-162 ; Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 ; White 1991). Depuis lors, cette hypothèse a été reformulée à plusieurs reprises, associée à de nouvelles mesures de terrain plus ou moins précises (Cormier 2009 ; García Quintela, González García 2016 ; Maumené 2018).

Dernièrement, l'équipe d'archéologues de Bibracte a réévalué le dossier archéologique dans son ensemble (Fochesato, Meunier 2021).

Le tracé géométrique (Figure 4) utilisant le théorème de Pythagore (corde à treize nœuds, utilisant une unité de [1,83 – 1,855] m) a été mis en évidence dans la publication d'origine (Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991, p. 156-157 ; Almagro 1991).

La situation du bassin est la suivante :

- Latitude  $+46^{\circ}55'40'' = 46,9278^{\circ}$
- Longitude  $+4^{\circ}2'14'' = 4,0372^{\circ}$
- Altitude 756 m

Sa date de construction est estimée entre -50 et -40. Pour les calculs de cet article, nous retiendrons la date de -45.

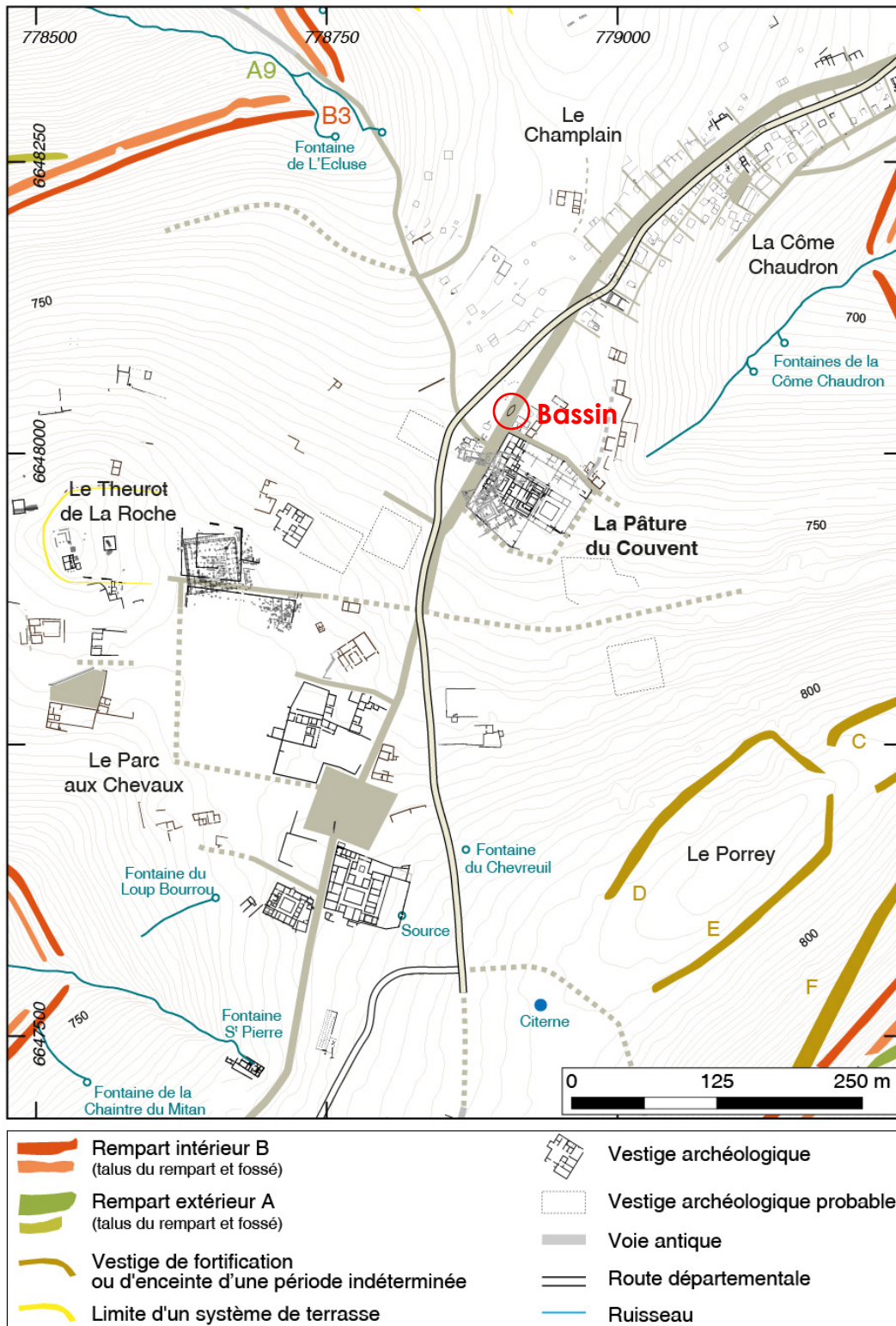


Figure 1 : Plan topographique du site de Bibracte.



Figure 2 : Le bassin de Bibraque (photo : Vincent Boudon).

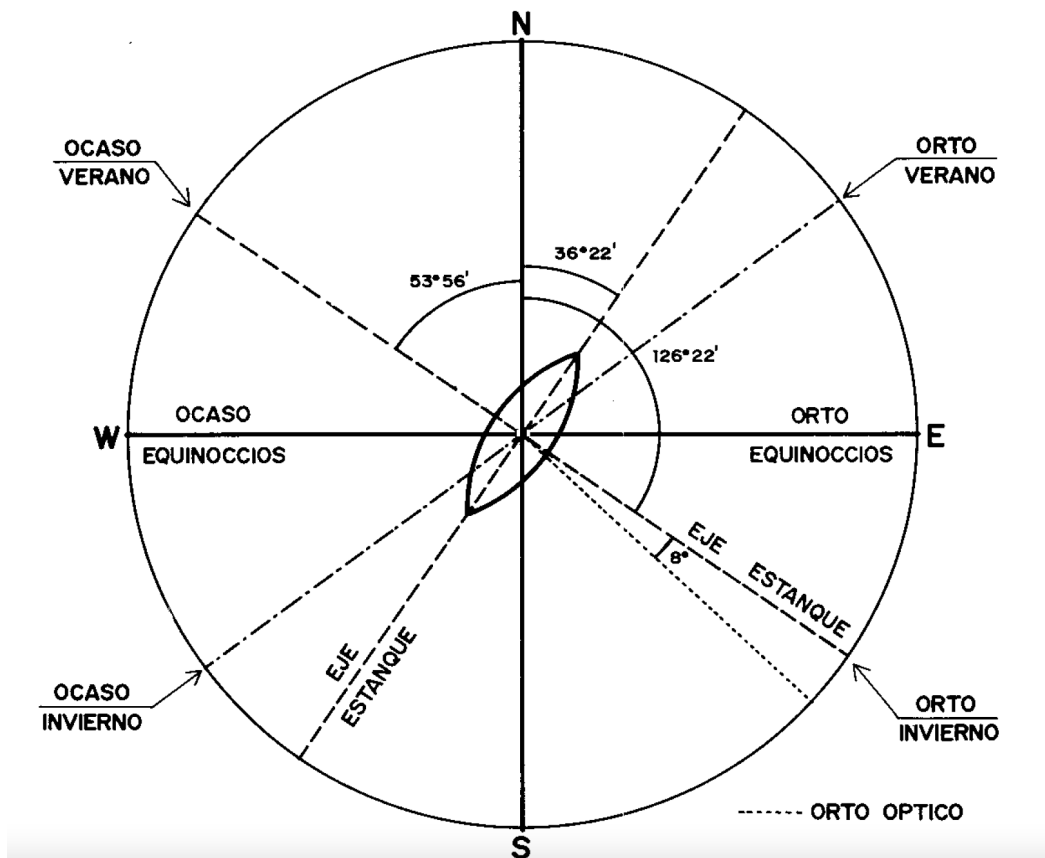


Figure 3 : Orientation du bassin de Bibraque (image : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991, p. 159).

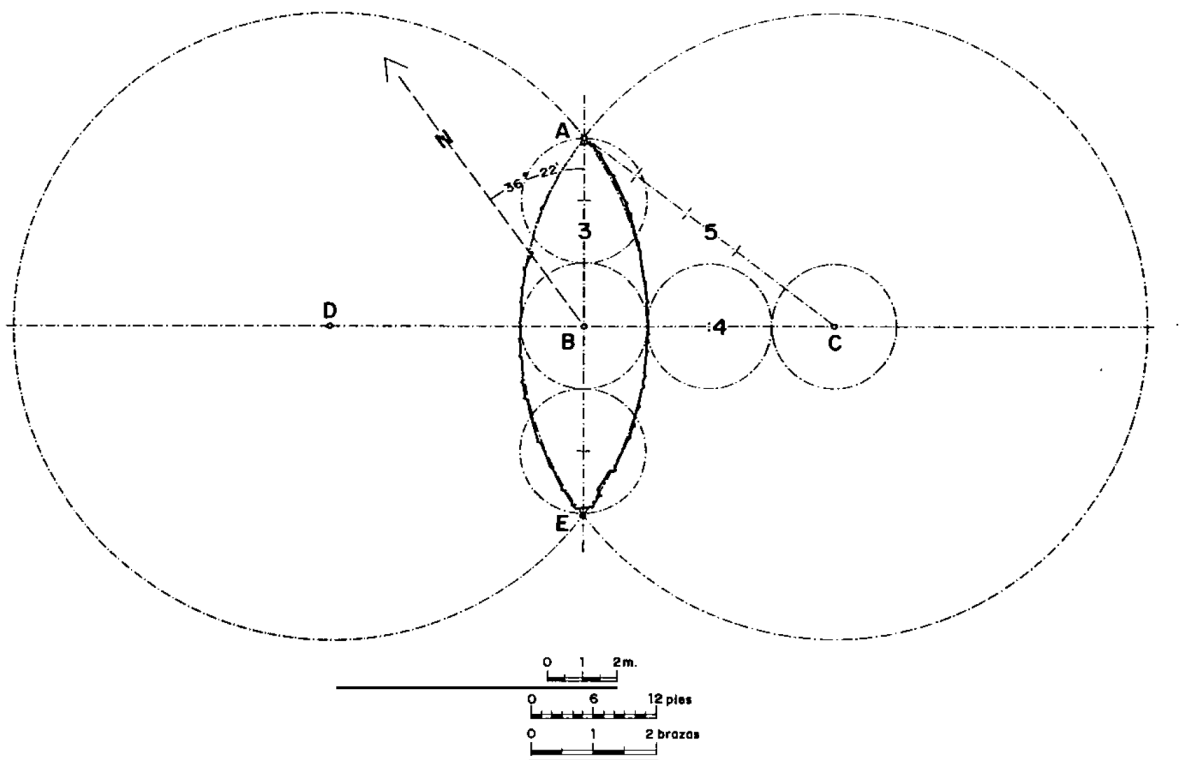


Figure 4 : Construction géométrique du bassin de Bibacte (image : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991, p. 156).

## 2. Thèses des auteurs

Nous nous intéressons ici plus particulièrement à 4 publications :

- Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991,
- White 1991,
- Cormier 2009,
- Maumené 2018.

### a. Alignement du petit axe sur le solstice d'hiver

Plusieurs auteurs (en particulier : Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 ; White 1991 ; Cormier 2009) émettent l'hypothèse que le petit axe du bassin serait aligné sur le lever du Soleil au solstice d'hiver. García Quintela et González García (2016) contestent toutefois cette hypothèse, la colline du Porrey se situant sur cet axe d'orientation.

### b. Alignement du grand axe sur Castor

Plus récemment, un autre auteur (Maumené 2018) s'étonne que l'orientation du grand axe n'ait pas été considérée. Il présente l'hypothèse de l'orientation de celui-ci, côté Nord, sur le lever de l'étoile Castor, dans la constellation des Gémeaux. Il fait le lien avec l'étymologie du nom Bibacte qui, selon une hypothèse ancienne

aujourd'hui contestée (Lacroix 2016), viendrait du celtique *bibro-*, signifiant « le castor ».

### c. Alignement du grand axe sur Diphda

Le même auteur (Maumené 2018) émet l'hypothèse que le côté Sud du grand axe coïncide avec le coucher de Diphda, dans la constellation de la Baleine.

## 3. Critique astronomique

### a. Précision des mesures angulaires

Nous avons récapitulé l'incertitude des mesures de chaque auteur dans leur publication respective. Il a parfois fallu recompiler les données des auteurs.

(White 1991) prend des mesures avec une boussole à main dont la précision est évaluée à  $\pm 2^\circ$ . De plus, sa détermination de l'azimut Nord comporte une erreur évaluée à  $\pm 2,5^\circ$ . Cela porte son incertitude totale à  $\pm 4,5^\circ$ , ce qui nous semble rédhibitoire. Notre étude propose donc une analyse avec et sans les mesures de (White 1991).

(Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991) compilent 5 mesures de l'orientation faites avec différentes méthodes (sur plan, par triangulation, à la boussole en reprenant les mesures de (White 1991)). Ils retiennent finalement la valeur médiane des deux mesures extrêmes. Cependant, ils omettent totalement les incertitudes de chaque méthode et prennent comme incertitude globale  $\pm 1^\circ$  sur le modèle des travaux de (Ruggles 1984). Dans cette étude, nous retenons cette incertitude, tout en étant conscients qu'elle n'est pas issue d'un calcul rigoureux.

(Maumené 2018) mesure l'orientation avec des perches utilisées comme repères de visée et une boussole graduée à  $0,5^\circ$  près. En ajoutant l'incertitude de la mesure de l'orientation Nord, il définit son incertitude globale à  $\pm 1,35^\circ$  (voir Maumené 2018, tableau 2). L'intervalle d'azimuts qu'il considère pour définir l'orientation est discutable. L'intérieur du bassin est constitué de deux parements courbes et deux extrémités droites de 35 à 37 cm de largeur. On ne peut donc pas relier deux extrémités pointues pour tracer le grand axe. Mais plutôt que de relier le centre des deux extrémités droites, il définit un angle entre le milieu d'une des extrémités et les deux bords de l'autre (voir Maumené 2018, figure 4). L'intervalle d'azimuts sur le grand axe serait, selon cette méthode, de  $4,7^\circ$ . Avec cet intervalle, nous avons calculé le critère  $p$  du « jeu de quilles » décrit dans (SAB 2021), qui donne la probabilité d'avoir un alignement fortuit. On obtient 61 % de chances de tomber sur une étoile du type de Castor, ce qui n'est donc pas du tout significatif.

Pour mener une étude comparant des méthodes cohérentes, nous n'avons retenu que sa mesure où le grand axe était défini en joignant les centres des

extrémités droites. Nous avons également repris son incertitude globale de  $\pm 1,35^\circ$ .

(Cormier 2009) conduit un travail plus poussé et précis, avec la mesure de différents points (150) en utilisant un théodolite et un télémètre laser. Il calcule ensuite géométriquement l'orientation du petit axe, suivant 3 méthodes. Nous avons pris la moyenne et l'écart-type de ces 3 calculs. Pour le grand axe, nous avons simplement retranché  $90^\circ$ .

## b. Méthode et calculs

Les incertitudes en coordonnées azimutales ont été converties en incertitudes en coordonnées équatoriales, selon le procédé décrit dans la figure 5 de (SAB, 2021) et dans la Figure 5. Cette conversion tient compte de la réfraction atmosphérique près de l'horizon. Les formules utilisées sont données sur cette figure et dans le programme Octave (<http://octave.org>) fourni en annexe.

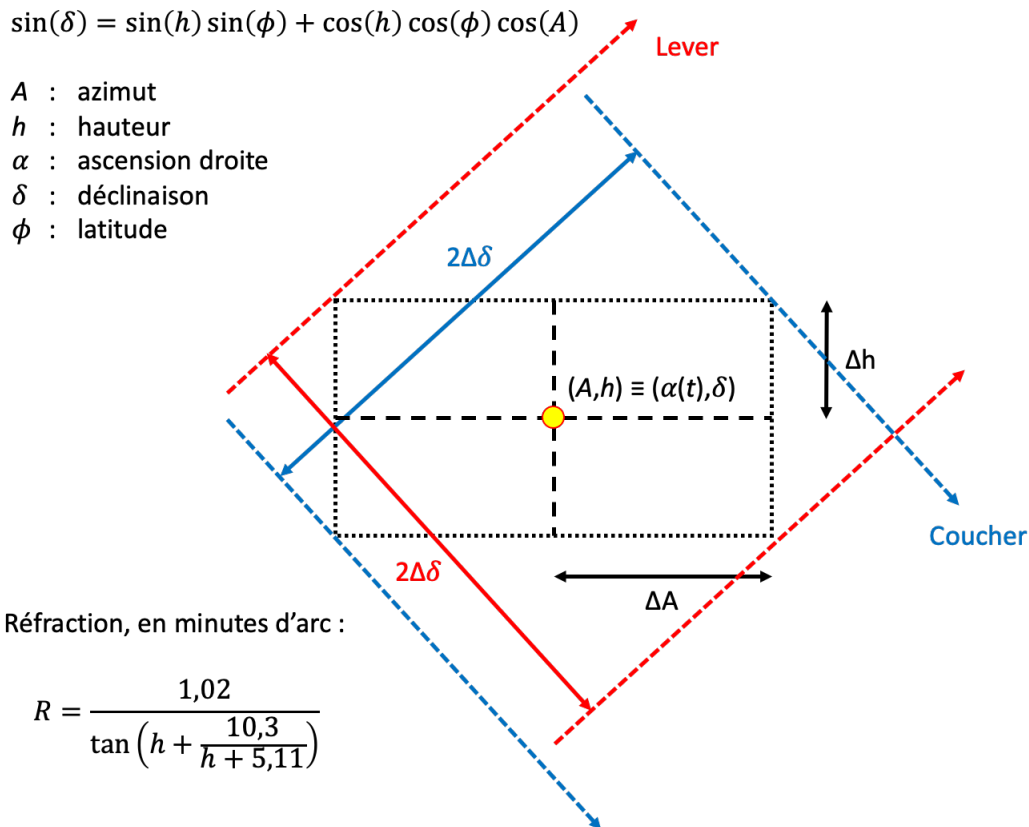


Figure 5 : Calcul des incertitudes en déclinaison. La réfraction intervient lors de la prise en compte des incertitudes en hauteur ( $\Delta h$ ).

Ces résultats sont résumés dans les cinq tableaux suivants, respectivement pour le petit axe avec horizon à  $0^\circ$  (Tableau 4), avec horizon à  $0^\circ$  mais sans réfraction (Tableau 2), avec l'horizon réel (Tableau 3) et pour le grand axe côté Est (Tableau 4) et côté Ouest (Tableau 5).



Tableau 1 : Orientation du petit axe du bassin côté Est, dans le cas d'un horizon plat (hauteur  $h=0$ ), avec réfraction. L'azimut (A) permet de calculer la déclinaison ( $\delta$ ) pour l'an -45. Toutes les mesures sont en degrés. Les incertitudes sont des écarts-types et les moyennes des incertitudes sont des moyennes géométriques.

| Auteur                                   | A             | $\Delta A$                   | $\delta$ centrale  | $\delta$ max       | $\delta$ min       | $\Delta \delta$              |
|--|---------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| White 1991                               | 126,4***      | $\pm 4,5$                    | -24,29             | -21,53             | -26,95             | $\pm 2,71$                   |
| Cormier 2009                             | 125,535       | $\pm 0,005$<br>$\pm 0,017^*$ | -23,769<br>-23,769 | -23,766<br>-23,759 | -23,772<br>-23,780 | $\pm 0,003$<br>$\pm 0,010$   |
| Maumené 2018**                           | —             | —                            | —                  | —                  | —                  | —                            |
| Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 | 126,37        | $\pm 1,00$                   | -24,27             | -23,67             | -24,88             | $\pm 0,60$                   |
| <b>Moyenne avec White</b>                | 126,10        | $\pm 2,66$                   | -24,11             | -22,48             | -25,70             | $\pm 1,61$                   |
| <b>Moyenne sans White</b>                | <b>125,95</b> | <b><math>\pm 0,71</math></b> | <b>-24,02</b>      | <b>-23,59</b>      | <b>-24,45</b>      | <b><math>\pm 0,43</math></b> |

\* Résolution de l'œil humain.

\*\* Reprend les mesures des autres auteurs, pas de mesure directe.

\*\*\* Dédruit de l'orientation du grand axe en ajoutant  $90^\circ$  (non mesuré en direct).

Tableau 2 : Orientation du petit axe du bassin côté Est, dans le cas d'un horizon plat (hauteur  $h=0$ ), sans réfraction. L'azimut (A) permet de calculer la déclinaison ( $\delta$ ) pour l'an -45. Toutes les mesures sont en degrés. Les incertitudes sont des écarts-types et les moyennes des incertitudes sont des moyennes géométriques.

| Auteur                                   | A             | $\Delta A$                   | $\delta$ centrale  | $\delta$ max       | $\delta$ min       | $\Delta \delta$              |
|--|---------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| White 1991                               | 126,4***      | $\pm 4,5$                    | -23,91             | -21,15             | -26,56             | $\pm 2,71$                   |
| Cormier 2009                             | 125,535       | $\pm 0,005$<br>$\pm 0,017^*$ | -23,385<br>-23,385 | -23,382<br>-23,375 | -23,388<br>-23,396 | $\pm 0,003$<br>$\pm 0,010$   |
| Maumené 2018**                           | —             | —                            | —                  | —                  | —                  | —                            |
| Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 | 126,37        | $\pm 1,00$                   | -23,89             | -23,29             | -24,49             | $\pm 0,60$                   |
| <b>Moyenne avec White</b>                | 126,10        | $\pm 2,66$                   | -23,73             | -22,11             | -25,31             | $\pm 1,61$                   |
| <b>Moyenne sans White</b>                | <b>125,95</b> | <b><math>\pm 0,71</math></b> | <b>-23,64</b>      | <b>-23,21</b>      | <b>-24,06</b>      | <b><math>\pm 0,43</math></b> |

\* Résolution de l'œil humain.

\*\* Reprend les mesures des autres auteurs, pas de mesure directe.

\*\*\* Dédruit de l'orientation du grand axe en ajoutant  $90^\circ$  (non mesuré en direct).

Tableau 3 : Orientation du petit axe du bassin côté Est. L'azimut (A) et la hauteur (h) permettent de calculer la déclinaison ( $\delta$ ) pour l'an -45. Toutes les mesures sont en degrés. La hauteur h a été prise sur le profil généré par le logiciel Horizon (<http://www.agksmith.net/horizon/>), à partir d'un modèle numérique de terrain avec une précision de 90 m. Les incertitudes sont des écarts-types et les moyennes des incertitudes sont des moyennes géométriques. L'incertitude sur la hauteur est déterminée grâce aux valeurs en A- $\Delta$ A et A+ $\Delta$ A (Figure 5).

| Auteur                                   | A             | $\Delta$ A                   | h            | $\Delta$ h                   | $\delta$ centrale  | $\delta$ max       | $\delta$ min       | $\Delta \delta$              |
|--|---------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| White 1991                               | 126,4***      | $\pm 4,5$                    | 8,31         | $\pm 1,14$                   | -17,27             | -20,74             | -13,73             | $\pm 3,50$                   |
| Cormier 2009                             | 125,535       | $\pm 0,005$<br>$\pm 0,017^*$ | 8,07<br>8,07 | $\pm 0,01$<br>$\pm 0,01$     | -16,973<br>-16,973 | -16,984<br>-16,991 | -16,962<br>-16,955 | $\pm 0,012$<br>$\pm 0,018$   |
| Maumené 2018**                           | —             | —                            | —            | —                            | —                  | —                  | —                  | —                            |
| Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 | 126,37        | $\pm 1,00$                   | 8,31         | $\pm 0,26$                   | -17 ;25            | -18,04             | -16,47             | $\pm 0,78$                   |
| <b>Moyenne avec White</b>                | 126,10        | $\pm 2,66$                   | 8,23         | $\pm 0,68$                   | -17,16             | -19,23             | -15,07             | $\pm 2,08$                   |
| <b>Moyenne sans White</b>                | <b>125,95</b> | <b><math>\pm 0,71</math></b> | <b>8,19</b>  | <b><math>\pm 0,19</math></b> | <b>-17,11</b>      | <b>-17,67</b>      | <b>-16,54</b>      | <b><math>\pm 0,57</math></b> |

\* Résolution de l'œil humain.

\*\* Reprend les mesures des autres auteurs, pas de mesure directe.

\*\*\* Déduit de l'orientation du grand axe en ajoutant 90° (non mesuré en direct).

Tableau 4 : Orientation du grand axe du bassin côté Est. L'azimut (A) et la hauteur (h) permettent de calculer la déclinaison ( $\delta$ ) pour l'an -45. Toutes les mesures sont en degrés.

| Auteur                                   | A            | $\Delta$ A                   | h              | $\Delta$ h                   | $\delta$ centrale | $\delta$ max   | $\delta$ min   | $\Delta \delta$              |
|--|--------------|------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| White 1991                               | 36,4         | $\pm 4,5$                    | -0,36          | $\pm 0,12$                   | 32,56             | 34,75          | 30,19          | $\pm 2,28$                   |
| Cormier 2009                             | 35,535       | $\pm 0,005$<br>$\pm 0,017^*$ | -0,29<br>-0,29 | $\pm 0,01$<br>$\pm 0,01$     | 33,04<br>33,04    | 33,05<br>33,06 | 33,03<br>33,02 | $\pm 0,02$<br>$\pm 0,02$     |
| Maumené 2018**                           | 35,10        | $\pm 1,35^{**}$              | -0,27          | $\pm 0,01$                   | 33,27             | 33,90          | 32,62          | $\pm 0,65$                   |
| Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991 | 36,16        | $\pm 1,00$                   | -0,36          | $\pm 0,02$                   | 32,67             | 33,17          | 32,17          | $\pm 0,50$                   |
| <b>Moyenne avec White</b>                | 35,80        | $\pm 2,40$                   | -0,32          | $\pm 0,06$                   | 32,89             | 34,06          | 31,66          | $\pm 1,20$                   |
| <b>Moyenne sans White</b>                | <b>35,60</b> | <b><math>\pm 0,97</math></b> | <b>-0,31</b>   | <b><math>\pm 0,02</math></b> | <b>33,99</b>      | <b>33,47</b>   | <b>32,51</b>   | <b><math>\pm 0,48</math></b> |

Hauteur de l'horizon dans la direction considérée :  $-0.10 \pm 0.01^\circ$

\* Résolution de l'œil humain.

\*\* Donné avec 3 chiffres par l'auteur.

Tableau 5 : Orientation du grand axe du bassin côté Ouest. L'azimut (A) et la hauteur (h) permettent de calculer la déclinaison ( $\delta$ ) pour l'an -45. Toutes les mesures sont en degrés.

| Auteur  | A             | $\Delta A$                   | h            | $\Delta h$                   | $\delta$ centrale | $\delta$ max     | $\delta$ min     | $\Delta \delta$              |
|---|---------------|------------------------------|--------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------|
| White 1991  | 216,4         | $\pm 4,5$                    | 8,05         | $\pm 0,18$                   | -26,37            | -24,43           | -28,13           | $\pm 1,85$                   |
| Cormier<br>2009                                       | 215,535       | $\pm 0,005$<br>$\pm 0,017^*$ | 8,00<br>8,00 | $\pm 0,01$<br>$\pm 0,01$     | -26,76<br>-26,76  | -26,76<br>-26,76 | -26,75<br>-26,75 | $\pm 0,007$<br>$\pm 0,002$   |
| Maumené<br>2018**                                     | 215,10        | $\pm 1,35^{**}$              | 7,96         | $\pm 0,10$                   | -27,86            | -27,34           | -28,35           | $\pm 0,50$                   |
| Almagro-<br>Gorbea,<br>Armentia,<br>Rodríguez<br>1991 | 216,16        | $\pm 1,00$                   | 8,05         | $\pm 0,05$                   | -26,48            | -26,07           | -26,88           | $\pm 0,40$                   |
| <b>Moyenne<br/>avec White</b>                         | 215,80        | $\pm 2,40$                   | 8,02         | $\pm 0,12$                   | -26,64            | -25,66           | -27,57           | $\pm 0,95$                   |
| <b>Moyenne<br/>sans White</b>                         | <b>215,60</b> | <b><math>\pm 0,97</math></b> | <b>8,00</b>  | <b><math>\pm 0,07</math></b> | <b>-26,73</b>     | <b>-26,36</b>    | <b>-27,09</b>    | <b><math>\pm 0,36</math></b> |

Hauteur de l'horizon dans la direction considérée :  $-0.10 \pm 0.01^\circ$

\* Résolution de l'œil humain.

\*\* Donné avec 3 chiffres par l'auteur.

### c. Hypothèse du petit axe aligné sur le solstice d'hiver

La déclinaison minimale du Soleil (au solstice d'hiver) est de  $-23,44^\circ$ .

Dans le cas d'un horizon plat ( $h = 0$ ), sans tenir compte du relief, l'orientation du petit axe est compatible avec un lever de Soleil au solstice d'hiver, si on prend la mesure d'azimut moyenne des différents auteurs (azimut  $126,10^\circ$ , voir Tableau 1), et en appliquant une incertitude de  $1,61^\circ$  en azimut.

Par contre, si on ne tient pas compte des mesures de White, très peu précises, la déclinaison de  $-23,44^\circ$  est en dehors de l'intervalle d'incertitude,  $[-24,45^\circ, -23,59^\circ]$ . Le Soleil étant de grande dimension dans le ciel ( $0,5^\circ$ ), on peut considérer qu'on est aux limites de l'hypothèse du petit axe aligné sur le lever du Soleil au solstice d'hiver.

Si l'on prend en compte le relief (Figure 6), l'éminence du Porrey empêche la visée de l'horizon dans cette direction. Au solstice d'hiver, le Soleil se lève donc nettement plus au Sud par rapport à la direction du petit axe (Figure 7 ci-dessous), ainsi que le remarquent (White 1991 ; García Quintela, González García 2016). Le Tableau 3 récapitule l'intervalle de déclinaisons favorables dans le cas de l'horizon réel,  $[-17,67^\circ, -16,54^\circ]$ . On constate facilement que la déclinaison du Soleil au solstice d'hiver ( $-23,44^\circ$ ) n'est pas comprise (et de très loin) dans cet intervalle.

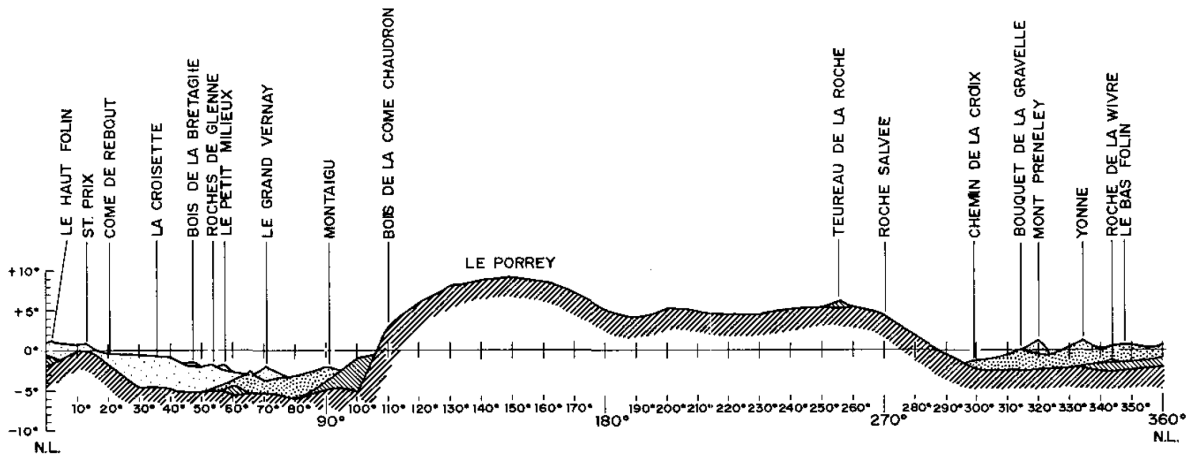


Figure 6 : Profil d'horizon, depuis le bassin de Bibracte, relevé lors de sa découverte (source : Sanz Donaire 1991).

L'hypothèse est reprise par Cormier, proposant que l'orientation du petit axe a pu être calculée à partir d'observations du Soleil à midi avec un gnomon. Ce calcul donne une direction légèrement différente de celle qu'on mesurerait avec un horizon plat car elle s'affranchit de la réfraction (déviation des rayons lumineux par l'atmosphère à proximité de l'horizon, Tableau 2). Dans ce cas, l'orientation du petit axe, avec une incertitude en azimut de  $0,71^\circ$ , se situerait dans les limites de déclinaison  $[-23,21^\circ, -24,06^\circ]$ , toujours compatibles avec une déclinaison solaire de  $-23,44^\circ$ .

Concrètement, il serait très étonnant que les architectes de l'Antiquité aient utilisé cette méthode, car avec un calcul ne tenant pas compte de la réfraction, ils auraient constaté, sur d'autres sites avec un horizon plat, un décalage par rapport au lever du Soleil véritable.

De plus, si la manipulation est techniquement accessible aux romains du 1<sup>er</sup> siècle avant JC, comme le souligne Cormier, pourquoi les constructeurs se seraient-ils référés à un horizon plat invisible et qui ne correspond à aucune observation ? Quel serait le statut de cet « horizon plat imaginaire », à la place de l'horizon réel imposé par la colline du Porrey ? Cela revient à attribuer aux concepteurs du bassin une capacité d'abstraction et des rituels encore jamais rencontrés sur d'autres sites.

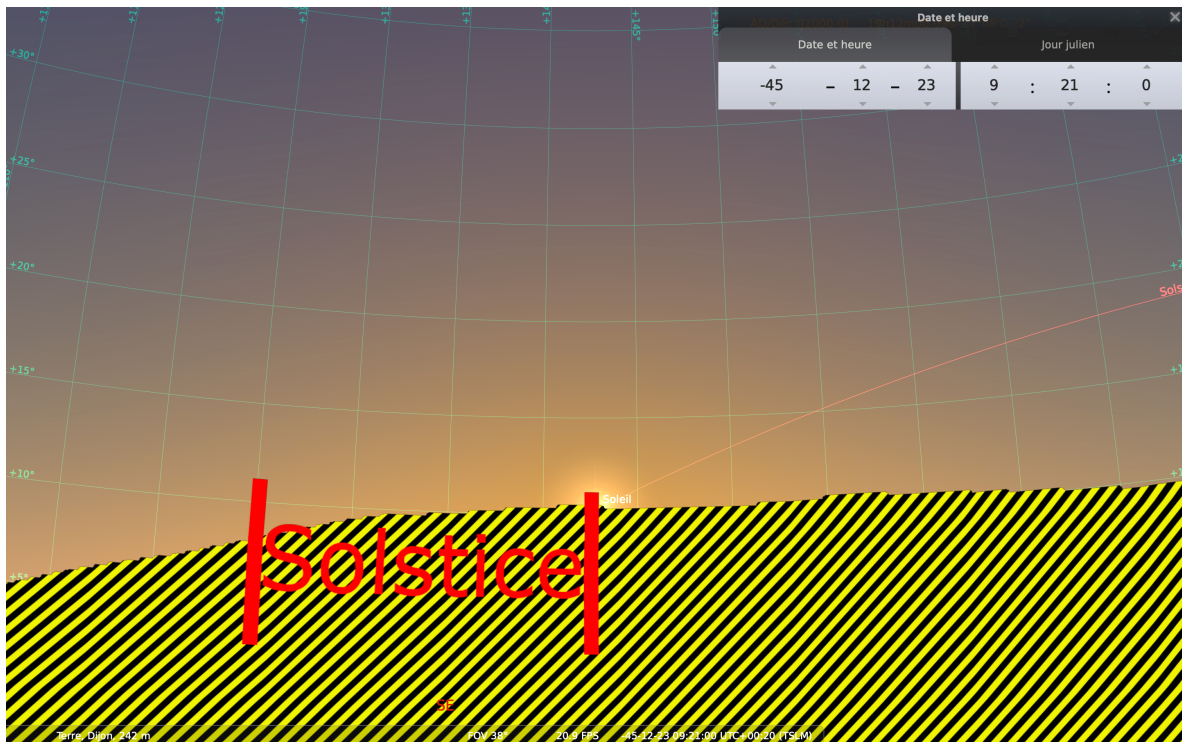


Figure 7 : Lever de Soleil au solstice d'hiver en -45. La barre verticale rouge de gauche indique son azimut théorique dans le cas d'un horizon plat. La barre verticale rouge de droite indique la position du lever vue du site, en tenant compte du relief.

#### d. Hypothèse « Castor » sur le grand axe

Dans cette étude, nous considérons la déclinaison de Castor en -45 :  $+33,3941^\circ$

Si l'on calcule la moyenne des mesures effectuées par les différents auteurs (Tableau 4 et Figure 8), Castor est dans les limites de déclinaison, que l'on exclue ou pas les mesures imprécises de (White 1991). Plus précisément, elle se trouve à l'intérieur des limites de déclinaison de tous les auteurs, sauf (Cormier 2009).

Il faut souligner que la précision des mesures de (Cormier 2009) donne un très petit intervalle de déclinaison. Celle-ci, basée sur une instrumentation moderne est finalement meilleure que les méthodes éventuellement utilisées par les concepteurs du bassin eux-mêmes, qui auraient pointé à l'œil nu. La résolution de l'œil humain est d'environ  $1'$  ( $0,017^\circ$ ). L'écart-type minimum que nous devrions considérer ne doit pas être inférieur à cette valeur. L'écart-type des mesures de (Cormier 2009) serait alors de  $0,02^\circ$  en déclinaison, mais l'intervalle des déclinaisons ne change pas, avec les arrondis que nous appliquons.

L'orientation sur le lever de Castor peut-elle être due au hasard ? Avec une magnitude de 1,58, Castor est seulement au 23<sup>e</sup> rang des étoiles les plus brillantes. Nous avons calculé le critère  $p$  du « jeu de quilles » décrit dans (SAB 2021), qui donne la probabilité d'avoir un alignement fortuit (Figure 9). En intégrant les mesures de (White 1991), ce critère est de 36 %, soit plus d'une

chance sur 3 de tomber sur une étoile au hasard ; en excluant les mesures de White, il est de 16 %, soit une chance sur 6. Ce pourcentage rend l'orientation sur Castor plausible. Mais son incompatibilité avec la mesure réputée la plus précise (celle de Cormier) rend sans doute nécessaire une nouvelle campagne de mesures, directement sur l'azimut du grand axe.

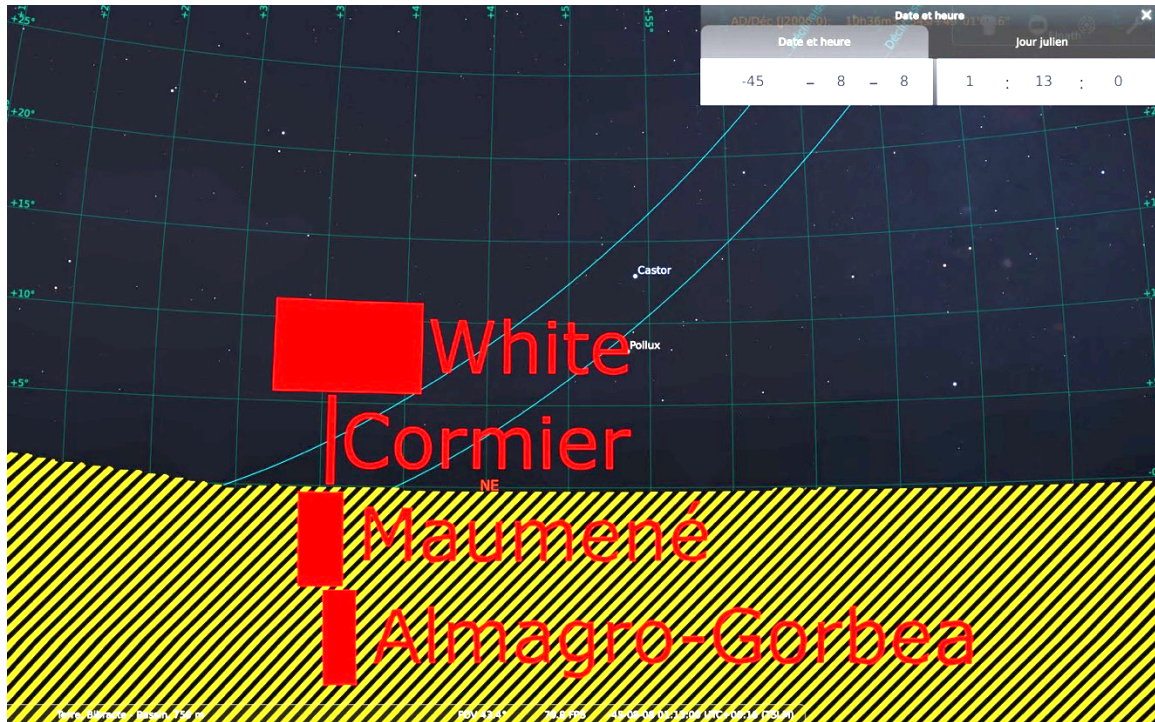


Figure 8 : Lever de l'étoile Castor en -45. Les rectangles rouges donnent les relevés de la direction du grand axe du bassin par les différents auteurs. La largeur de chaque rectangle indique la plage d'incertitude correspondante. Les lignes de couleur cyan correspondent aux déclinaisons limites, sans inclure les données de (White 1991) ( $\delta_{min}$  et  $\delta_{max}$  ; voir dernière ligne du Tableau 4).

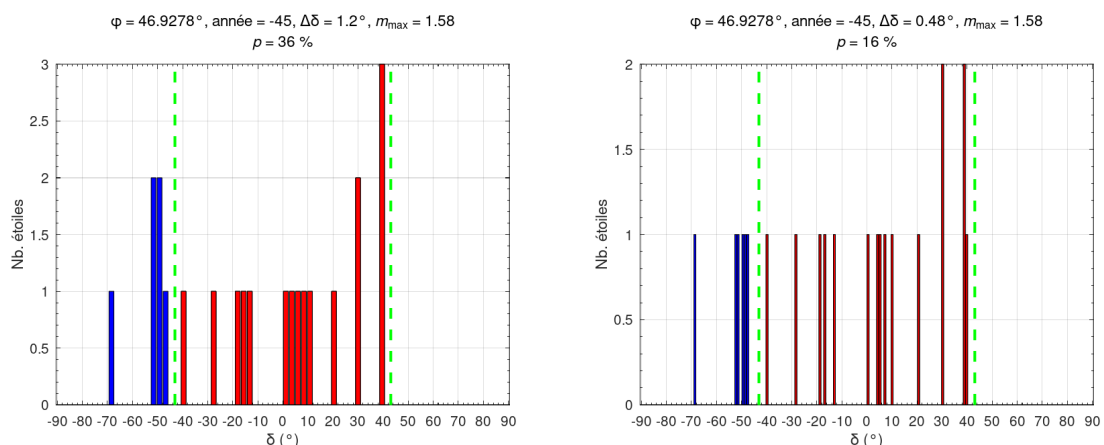


Figure 9 : Critère du « jeu de quilles » (SAB 2021) calculé en incluant les mesures de tous les auteurs (à gauche) ou sans White (à droite). Les barres bleues sont les étoiles qui ne se couchent jamais. Les barres rouges représentent les plages de déclinaison où on trouve au moins une étoile aussi brillante (ou plus) que Castor. Les pointillés verts représentent les limites de déclinaison pour lesquelles on peut avoir un lever d'étoile à la latitude de Bibracte. Le critère  $p$  est le rapport entre le nombre de barres rouges et le nombre d'intervalles de déclinaison entre les pointillés verts.

## e. Hypothèse « Diphda » sur le grand axe

Dans cette étude, nous considérons la déclinaison de Diphda en -45 : -29,3358°

L'auteur relève une hauteur d'horizon de 4,54°, évalué à partir de Geoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr>), alors que notre profil d'horizon donne environ 8,3° généré avec le logiciel Horizon (<http://www.agksmith.net/horizon/>) utilisant les données du modèle numérique de terrain SRTM avec une précision de 90 m. De ce fait, les deux déclinaisons extrêmes données par (Maumené 2018), à savoir -31,4° et -29,09° ne nous paraissent pas correctes. Nous trouvons -26,36° et -27,09° (voir Tableau 5, moyenne sans White) et, dans ce cas, la déclinaison de Diphda ne tombe pas entre les deux valeurs (Figure 10).

L'hypothèse est donc impossible.

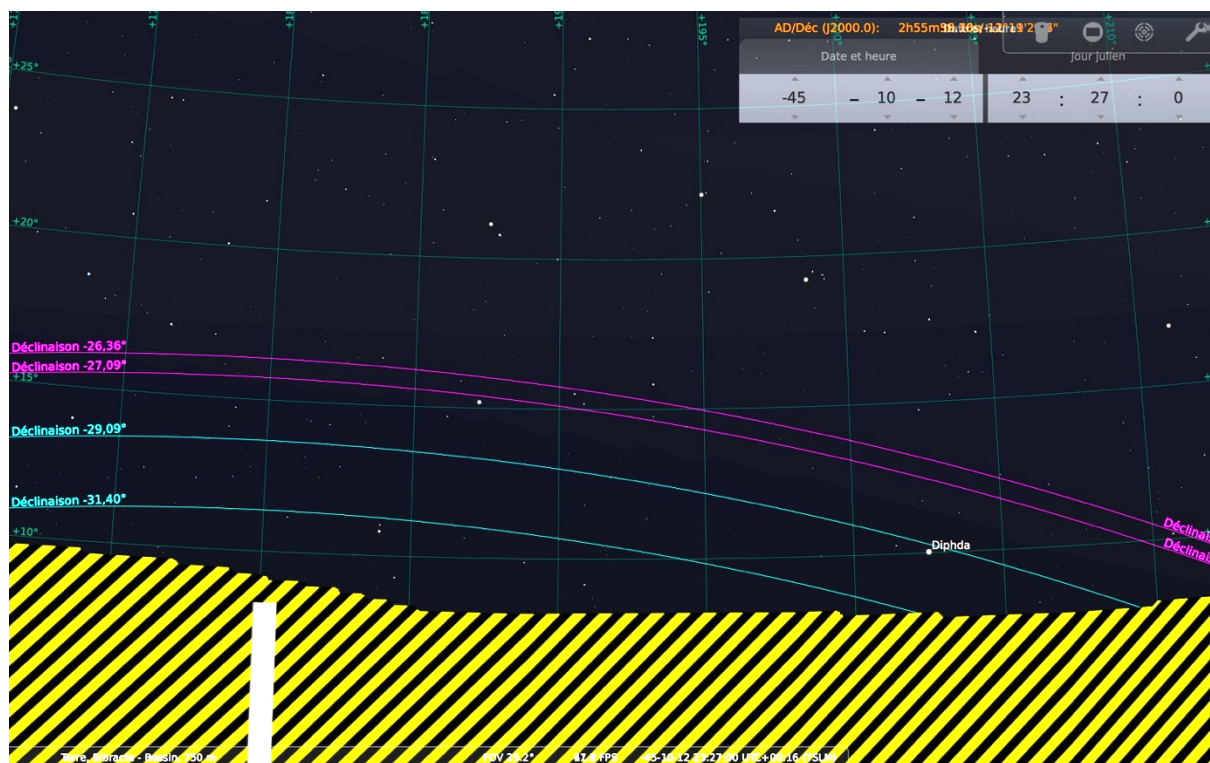


Figure 10 : Coucher de l'étoile Diphda en -45. Les lignes de couleur cyan correspondent aux déclinaisons données par les auteurs, qui ne sont pas correctes dans cette direction, du fait d'une hauteur d'horizon erronée. Les lignes de couleur magenta correspondent aux déclinaisons calculées avec la bonne hauteur d'horizon.

## 4. Les dernières données archéologiques

Aucun des auteurs n'a analysé le bassin dans son environnement urbain. Les dernières découvertes tendent à montrer que le bassin était lié au tracé de la

voie centrale de Bibracte, non rectiligne et adapté au terrain, et ne suivait donc pas d'orientation astronomique :

- Du point de vue archéologique, le bassin se situe dans l'axe d'une voie qui lui préexiste de 50 ans :
  - La voie centrale date de la création de l'oppidum (fin du II<sup>ème</sup> siècle avant J.-C.) (Bessière, Guichard 2010).
  - Le bassin appartient au même projet urbain que l'îlot des Grandes Forges (peu après -50) mais n'a pas la même orientation : le tracé de la voie avait une inflexion de 4,5° vers l'Est à hauteur de l'angle Nord-Ouest de l'îlot (Guichard 2020).
- Le bassin suit une construction géométrique précise, expliquée dans (Cormier 2009). Il était situé dans l'axe de la voie, d'une largeur uniforme d'environ 15 m dans l'emprise de la Pâture du Couvent à l'époque de fonctionnement des états maçonnés de l'îlot des Grandes Forges et du bassin. Les centres du tracé régulateur du bassin sont positionnés assez précisément ( $\pm 0,2$  m) sur le bord de la voie (Guichard 2020).

## 5. Conclusions

- L'hypothèse de l'alignement du petit axe sur le solstice d'hiver est peu plausible car elle repose sur l'utilisation d'un horizon plat abstrait qui ne correspond pas à l'horizon réel tenant compte du relief.
- L'hypothèse de l'alignement du grand axe sur l'étoile Castor (au Nord) est possible, sauf pour les mesures les plus précises (Cormier). Nous suggérons donc une nouvelle campagne de mesures, afin de trancher définitivement.
- L'hypothèse de l'alignement du grand axe sur l'étoile Diphda (au Sud) est impossible.
- Du point de vue des données archéologiques, l'installation du bassin dans l'axe d'une voie préexistante et de tracé courbe semble suffire à expliquer son orientation.
- L'hypothèse d'une orientation astronomique du bassin est donc peu plausible.

## 6. Bibliographie

**Almagro 1991** : Almagro, Antonio. "Apéndice 4 : Levantamiento fotogramétrico del estanque monumental de Bibracte". In : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich, 1991, p. 267-274.

**Almagro-Gorbea 1991** : Almagro-Gorbea, Martin. "Apéndice 7A : La orientación topoastronómica". In : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich, 1991, p. 283-286.



**Almagro-Gorbea, Armentia, Rodríguez 1991** : Almagro-Gorbea, Martin ; Armentia, J. E. ; Rodríguez, G. "Apéndice 6 : La orientación astronómica". In : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich, 1991, p. 278-281.

**Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich 1991** : Almagro-Gorbea, Martin ; Gran-Aymerich, Jean. "El Estanque monumental de Bibracte (Mont Beuvray, Borgoña) : excavaciones del equipo franco-español en el programa internacional del Mont Beuvray : campañas 1987-1988". Madrid : Editorial Complutense, 1991 (Complutum, extra ; 1).

**Bessière, Guichard 2010** : Bessière, Fabrice ; Guichard Vincent : "Chronique des recherches sur le Mont Beuvray : 2006-2008". Revue Archéologique de l'Est, Tome 59-1, 2010.

**Cormier 2009** : Cormier, Rémi. "Le bassin de Bibracte. Mesures sur le premier rang de pierres". Manuscrit non publié, 2009 (disponible à la bibliothèque de Bibracte ; résumé dans le rapport scientifique 2009 du programme de recherche sur le mont Beuvray, p. 123-124 ; consultable sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/BIBRACTE/>).

**Fochesato, Meunier 2021** : Fochesato, Andrea ; Meunier, Arnaud. "Le quartier de la Pâture du Couvent : compléments d'observations en marge des travaux de valorisation". In : Rapport scientifique 2020 du programme de recherche sur le mont Beuvray, p. 125-142 ; consultable sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/BIBRACTE/>

**García Quintela, González García 2016** : García Quintela, Marco V. ; González García, A. César. "De Bibracte à Augustodunum : observations archéoastronomiques". Revue archéologique de l'Est, 65, 2016, p. 289-302. <http://journals.openedition.org/rae/8891>

**Guichard 2020** : Guichard, Vincent. "Rapport annuel d'activité scientifique du Centre Archéologique Européen du Mont Beuvray. Glux-en-Glenne". Centre Archéologique Européen du Mont Beuvray, 2020.

**Lacroix 2016** : Lacroix, Jacques. "D'où vient le nom de Bibracte ?". Bulletin des Amis des Etudes celtiques, 67/68, 2016, p. 15-32.

**Maumené 2018** : Maumené, Claude. "The Monumental Basin of Mont Beuvray and its Possible Orientation towards the Constellation of Gemini". Journal of Skyscape Archaeology, 4/2, 2018, p. 229-245. <https://doi.org/10.1558/jsa.36228>

**Ruggles 1984** : Ruggles, Clive. "Megalithic astronomy—A new archaeological and statistical study of 300 Western Scottish sites." Oxford: BAR British Series 123, 1984.

**SAB 2021** : Collectif. "Peut-on affirmer qu'un site archéologique comporte des alignements stellaires intentionnels ?" Dijon : Société Astronomique de Bourgogne, 2021 (Notes d'archéoastronomie ; 1). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03223357>

**Sanz Donaire 1991** : Sanz Donaire, Juan José. "Apéndice 7B : Perspectiva del horizonte desde el estanque monumental de Bibracte". In : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich, 1991, p. 287.

**White 1991** : White, Raymond E. "*Apéndice 5 : Determining the orientation of le basin monumental de Bibracte*". In : Almagro-Gorbea, Gran-Aymerich, 1991 p. 275-277.