

# QUELQUES RÉFLEXIONS SUR LES MACLES DU GYPSE

Jean-Michel Le Cléac'h,  
ancien professeur de minéralogie à l'École Normale Supérieure des Mines de Paris.

## Avertissement

Malgré tous les efforts d'informations consentis depuis des années, notamment lors des réunions de la Commission de minéralogie de la SAGA, il y en a encore qui croient qu'un « fer de lance » est un cristal de gypse ! Eh bien, non ! Répétons-le, à nouveau : un fer de lance n'est pas un cristal de gypse ! Ce n'est qu'un clivage d'une macle du gypse, c'est-à-dire une coupure, une brisure, une cassure de l'association de deux lentilles. Elle n'a d'intérêt que pour visualiser la formation.

Très étonné, mais pas surpris, par la persistance de cette regrettable erreur, notre collègue Claude Ligny, spécialiste de cette espèce minérale bien connue (mais pas de tout le monde...), lui a consacré récemment un ouvrage d'une bonne centaine de pages, sous le titre : **La saga du fer de lance et de l'environnement du gypse**. Cet ouvrage est une somme impressionnante de connaissances sur tout ce qui touche, de près ou de loin, au minéral gypse.

Comme il l'écrit dans son introduction à propos du fer de lance : « Quand le gypse est clivé, il offre un spectacle attrayant dans toute exposition ou collection, hormis le fait que l'acquéreur est abusé car on ne lui vend qu'une partie d'un tout ! ». Et, pour l'aider dans son travail, il avait demandé au très regretté Michel Le Cléac'h, ancien professeur de minéralogie à l'École nationale supérieure des mines de Paris, de lui apporter son concours.

Vous trouverez ci-dessous l'article que celui-ci a rédigé, expliquant scientifiquement les macles du gypse. PBS.

Le gypse, bien qu'étant une des espèces minérales les plus courantes, est aussi une de celles pour lesquelles on constate une grande variabilité des données cristallographiques dans la littérature comme c'est

souvent le cas pour les minéraux monocliniques qui, par essence, laissent une certaine liberté dans la définition de leur maille élémentaire et leur repère d'axes. Bravais a ainsi montré qu'il y avait six possibilités de choix pour la maille élémentaire du gypse.

Au début de XX<sup>e</sup> siècle, Goldschmidt répertoriait déjà 21 systèmes de notations des faces cristallines chez le gypse.

Son tableau permettait de traduire la notation d'une face d'un système à l'autre. Par exemple, la face notée **g<sup>1</sup>** selon la notation de Descloizeaux (et Lacroix) est notée {010} dans le système de Brézina et {101} dans celui de Cesaro.

Depuis l'avènement de la radiocristallographie, les paramètres de maille ont été précisés et le choix de la maille élémentaire a été normalisé (bien que pas toujours respecté !). Voici donc ci-dessous quatre jeux de paramètres de la maille monoclinique du cristal de gypse relevés dans la littérature.

a	b	c	bêta	auteurs
0,371617162	1	0,411221122	113,83	De Jong et Bouman
0,373001776	1	0,412736004	113,91	Cole et Lancucki
0,373233419	1	0,413199237	114,08	Hejinen et Hartman
0,372	1	0,412	113,83	Friedel (utilisée aussi par Dana)

Pour les dessins que j'ai effectués avec le logiciel Shape, j'ai utilisé la valeur moyenne des paramètres ci-dessus, soit :

$$\mathbf{a} = 0,372463089, \mathbf{b} = 1, \mathbf{c} = 0,412289091, \\ \mathbf{b\acute{e}ta} = 113,9125.$$

Lacroix utilise, à la suite de Descloizeaux (noté Dx ci-après), une autre maille élémentaire, ce qui ne facilite pas la comparaison entre les notations modernes des faces et les notations du Lacroix, souvent prises

comme référence par les minéralogistes amateurs de France.

Voici les paramètres de maille utilisés par Lacroix :

$$a : b : c = 0,74624 : 1 \ 0,41238 \ (Dx^1)$$

$$zx = 66^\circ 10'$$

On remarque que si les rapports **b : c** sont identiques aux notations modernes, le rapport **a : b** est double et l'angle **bêta** (noté **zx**) est le complément à 180° de celui de la notation moderne.

Lacroix donne une table de correspondance entre la notation des faces qu'il utilise et celle utilisée par Miller :

<u>Dx</u>	<u>Miller</u>
$h^1 (100)$	$= h^1 (100)$
$m (110)$	$= m (110)$
$g^1 (010)$	$= g^1 (010)$
$p (001)$	$= a^1 (\bar{1}01)$
$a^3 (\bar{1}03)$	$= a^{3/2} (\bar{2}03)$
$a^{9/4} (\bar{4}09)$	$= a^{9/5} (509)$
$a^{3/2} (\bar{2}03)$	$= a^3 (\bar{1}03)$
$a^{3/4} (\bar{4}03)$	$= o^3 (103)$
$a^{1/2} (201)$	$= o^1 (101)$
$e^1 (011)$	$= b^{1/2} (\bar{1}11)$
$e^{1/3} (031)$	$= (\bar{1}31)$
$b^{1/2} (\bar{1}11)$	$= e^1 (011)$
$a_3 (\bar{2}11)$	$= d^{1/2} (111)$
$a_{2/9} (\bar{1}\bar{1}.7.18)$	$= w (\bar{7}.7.18)$
$u (\bar{2}33)$	$= u (\bar{1}33)$
$\delta (\bar{1}5.21.26)$	$= (\bar{1}\bar{1}.21.26)$

**Attention.** Toutes les notations sont faites en notations nouvelles dans la présentation générale. Les faces sont entre parenthèses : (100) ; les plans entre crochets : {001}.

Mais cette table est actuellement de peu d'utilité car elle ne permet pas de passer de la notation de Lacroix/Descloizeaux à la notation moderne par le fait que les paramètres de maille utilisés dans les travaux modernes, depuis Friedel, sont différents de ceux utilisés dans les travaux précédents (Descloizeaux, Miller, etc.). C'est une grande source de confusion pour les minéralogistes amateurs.

La forme la plus simple du cristal de gypse, le « trapézien », est définie par Lacroix comme présentant les trois formes courantes **g<sup>1</sup>**, **a<sup>3</sup>** et **m**, soit respectivement en notation moderne {010}, { $\bar{1}11$ } et {120}.

Dans la littérature anglo-saxonne, ces faces sont souvent notées respectivement **b**, **1** et **m** (ou **M**). (Remarque : le mot « forme » est ici pris dans son sens cristallographique, c'est-à-dire un ensemble de

faces se déduisant les unes des autres par le jeu des éléments de symétrie **2/m** propre au cristal).

La forme {010} est un pinacoïde et comporte deux faces, la forme { $\bar{1}11$ } comporte quatre faces, ainsi que la forme {120}.

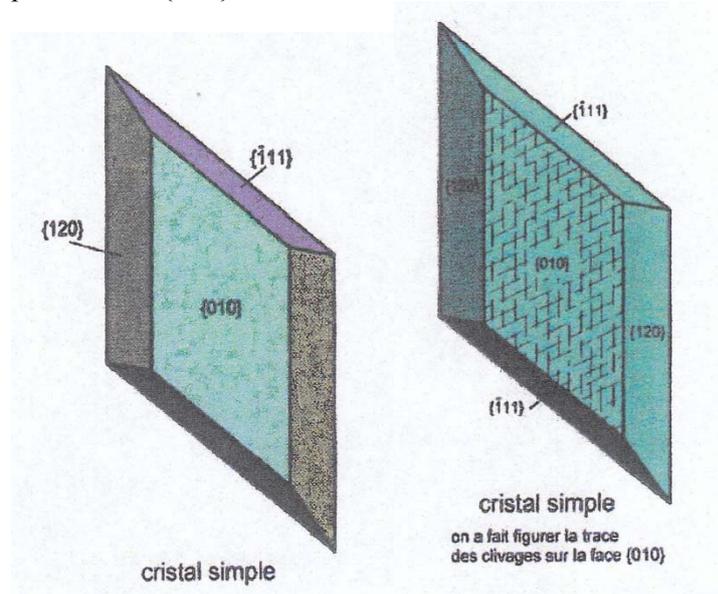


Figure 2. Sur le cristal de droite, on a figuré la trace des clivages sur la face (010).

**Clivages**

Le clivage {010} est parfait et facile à obtenir ; le clivage {100} est distinct, et le clivage {011} plus difficile à obtenir. On a fait figurer, sur la figure de droite ci-dessus, la trace des clivages {100} et {011} sur la face (010), qui est aussi parallèle au plan de clivage principal du cristal de gypse.

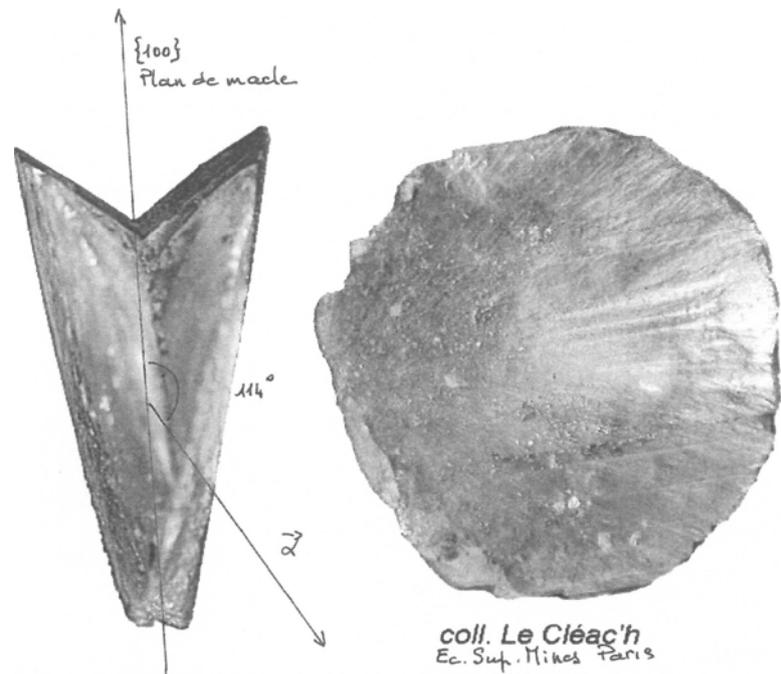


Figure 3. Macle en fer de lance du gypse (exemplaire non clivé).

## Macles

Les cristallographes modernes ont décrit aujourd'hui 5 lois de macles pour le gypse (voir référence). Ces 5 lois de macles s'expriment principalement comme des macles par accolement, leur expression sous forme de macles par interpénétration étant plus rare.

Les plans d'accolement sont par ordre de fréquence d'apparition dans la nature :

$\{100\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{20\bar{1}\}$  et  $\{101\}$ .

Les macles par accolement sur  $\{100\}$  et sur  $\{\bar{1}01\}$ , que Lacroix nomme respectivement suivant  $\mathbf{h}^1$  et  $\mathbf{a}^{1/2}$ , sont de loin les plus fréquentes et les minéralogistes leur ont respectivement donné les noms de « macle en queue d'aronde » et « macle en fer de lance ».

### Les cinq lois de macles du gypse

La macle en queue d'aronde est généralement appelée « *swallow tail* » par les anglo-saxons et plus rarement « *butterfly* » (c'est-à-dire « macle en papillon »).

#### a) Macle par accolement sur le plan $\{100\}$

Elle est appelée communément « macle en queue d'aronde » (figure 4).

Note : l'angle  $\delta_{100}$  est égal à  $105,02^\circ$ .

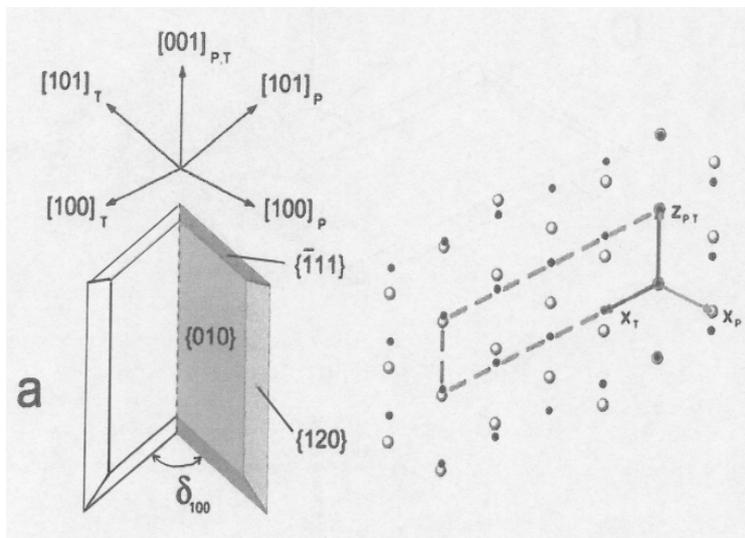


Figure 4. Macle par accolement sur le plan  $\{100\}$ .

#### b) Macle par accolement sur le plan $\{\bar{1}01\}$

Elle est appelée communément « macle en fer de lance », « macle de b) Montmartre », et en anglais « *spear head* » (figure 5).

Note : l'angle  $\epsilon_{101}$  est égal lui aussi à  $105,02^\circ$  (voir figure 4).

#### c) Macle par accolement sur le plan $\{001\}$

(Figure 6).

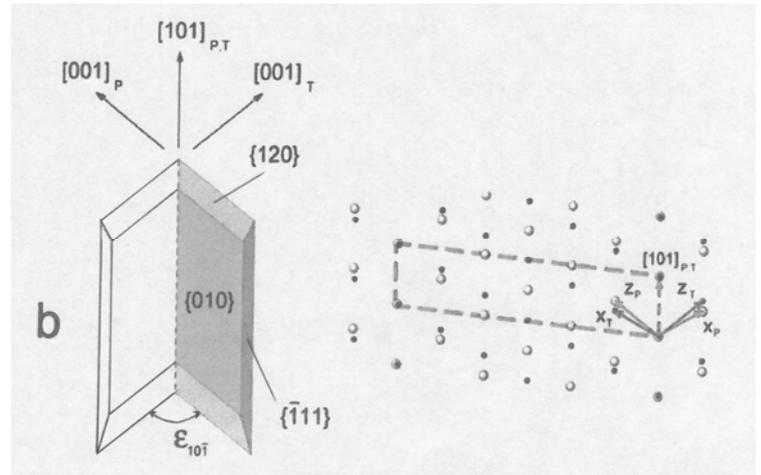


Figure 5. Macle par accolement sur le plan  $\{\bar{1}01\}$ .

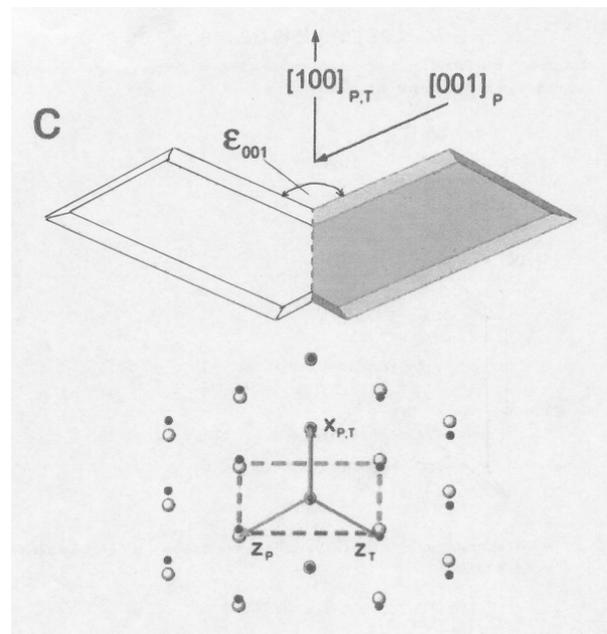


Figure 6. Macle par accolement sur le plan  $\{001\}$ .

#### d) Macle par accolement sur le plan $\{20\bar{1}\}$

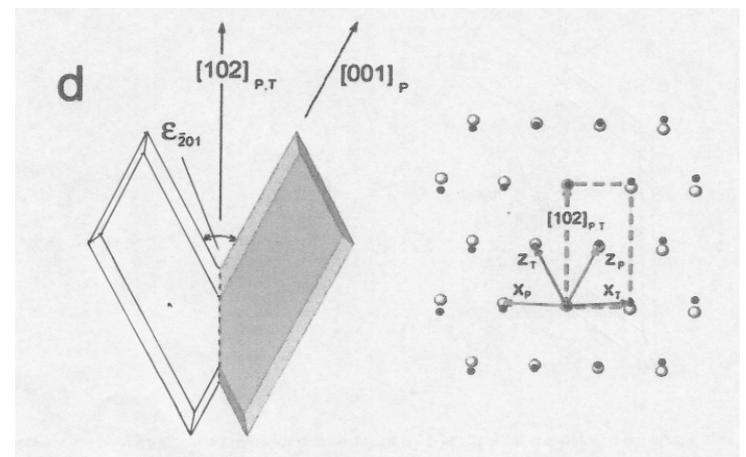


Figure 7. Macle par accolement sur le plan  $\{20\bar{1}\}$ .

**e) Macle par accolement sur le plan {101}**

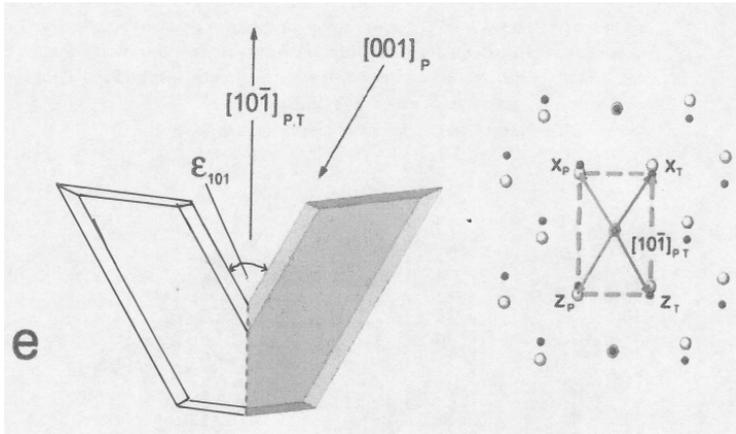


Figure 8. Macle par accolement sur le plan {101}.

**Distinction entre macle selon la loi de la queue d'aronde et macle selon la loi du fer de lance**

Historiquement, il semble que les premières macles suivant la loi du fer de lance aient été uniquement trouvés dans les gypses d'âge ludien de France, qui correspondent à des gypses formés dans des conditions de lagunes côtières alimentés en ions sulfates par des cours d'eaux venant du continent. Dans ce type de conditions, les cristaux prennent un habitus lenticulaires (que l'on retrouve aussi très souvent dans les cristaux des roses des sables). Le clivage {010}, qui est commun à deux lentilles formant une macle, fragilise l'assemblage qui se fend fréquemment selon le clivage, ce qui donne à la section ainsi obtenu une forme de fer de lance qui a donné son nom à la célèbre macle puis à la « loi de macle ».

**Les lentilles se groupent deux à deux, en se pénétrant réciproquement de manière à présenter, par les clivages, comme la section d'un fer de lance. Cet accident est très commun à Montmartre et surtout dans les carrières de Pantin. Ces lentilles géminées sont connues sous le nom de « gypse cunéiforme » ou « en fer de lance ».**

À l'étranger, il apparaît que la forme en fer de lance est peu signalée car les faciès du gypse n'ont pas reçu la même attention de la part des scientifiques dans tous les pays et les descriptions peuvent différer, mais les processus qui génèrent la cristallisation du gypse et donc les morphologies cristallines sont évidemment les mêmes.

On a ainsi trouvé dans ces pays des cristaux maclés avec plan d'accolement {101} mais dans lequel les cristaux n'ont pas la forme lenticulaire typique des fers de lance français mais des formes polyédriques

que l'on peut donc baptiser cristaux trapéziens. Bien que ces macles par accolement entre deux trapéziens suivant le plan {101} paraissent très semblables à première vue avec les macles par accolement suivant {100}, l'angle rentrant est notamment identique :

$\delta_{100} = \epsilon_{10-1} = 105,02^\circ$  ; on doit appeler ces macles par accolement suivant {101} « macle suivant la loi du fer de lance ».

Voici, dessiné avec le logiciel de cristallographie Shape (figure 9), un cristal simple de gypse que l'on peut baptiser « trapézien », avec dessin de la trace des clivages {100} et {011} (conformément à la notation moderne) sur la face (010), puis utilisant le même cristal, une macle par accolement sur {100} (appelée aussi « macle en queue d'aronde »), puis une macle par accolement sur {101} (appelée aussi « macle en fer de lance »),

Remarque : le cristal figuré en bleu ci-dessus est dans la même orientation dans les 3 dessins.

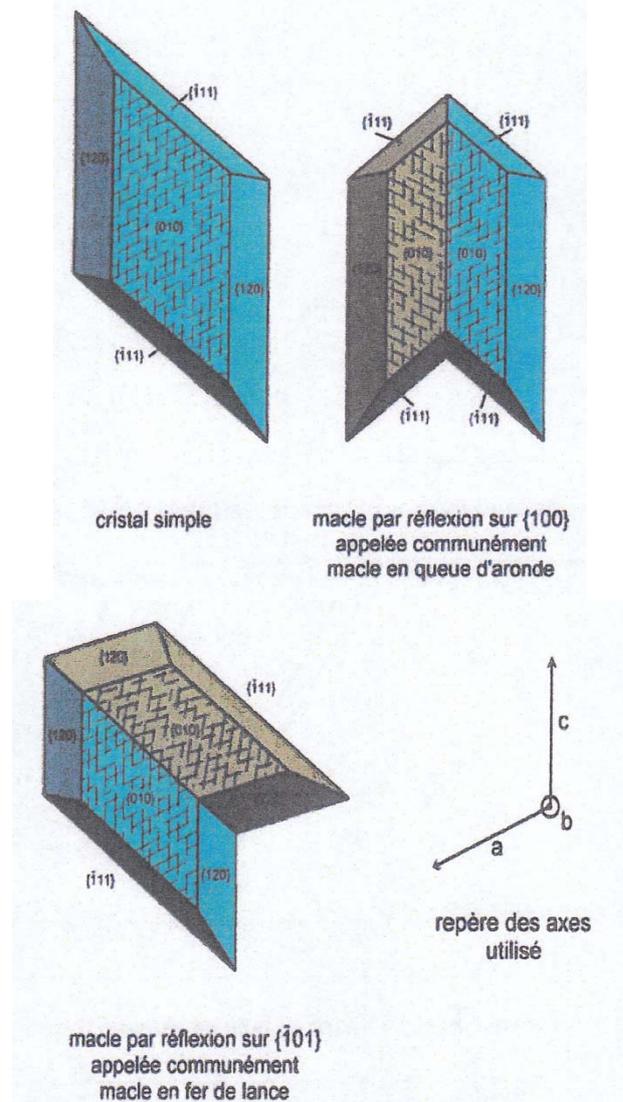


Figure 9. 1, cristal simple ; 2, macle par réflexion sur {100}, appelée communément macle en queue d'aronde ; 3, macle par réflexion sur {101}, appelée communément macle en fer de lance.

Comme on le constate, le dessin de la forme extérieure des 2 macles figurées ici ne permet pas de distinguer l'une de l'autre et nombre de minéralogistes auront vite fait de baptiser « macle en queue d'aronde » ces 2 macles alors que, comme le montre la disposition de la trace des clivages {100} et {011}, la macle figurée à droite est en réalité une macle suivant la loi du « fer de lance ».

On comparera, du point de vue de la disposition de la trace des clivages, la figure de droite avec la figure 9 de Lacroix (page 181, dans Min. France. 1910. Vol. 4). Comme on le voit, les traces des 2 clivages sont obliques par rapport au plan de macle alors que dans la macle en queue d'aronde une des deux traces est parallèle au plan de macle.

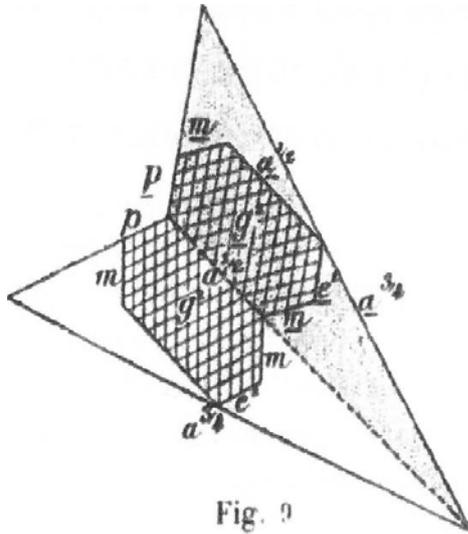


Fig. 9

Macle suivant  $a^{1/2}$  ( $\bar{2}01$ ), Type II, dit en fer de lance.

Figure 10. Macle suivant  $a^{1/2}$ . Type II, dit en fer de lance (Lacroix, fig. 9).

Lacroix signale qu'on trouve en France de rares macles à base de trapézien qui sont selon la loi de macle en fer de lance (voir sa figure 8, page 181, dans Min. France. 1910. Vol. 4).

Lacroix note  $a^{1/2}$ , ou  $\{\bar{2}01\}$ , le plan d'accrolement de la macle en fer de lance alors qu'en notation moderne le plan d'accrolement se note  $\{\bar{1}01\}$ . On remarque la figuration des clivages secondaires du gypse notés  $e^1$  et  $m$  par Lacroix et qui en notation moderne s'écrivent  $\{100\}$  et  $\{011\}$ .

#### Référence bibliographique récente

Marco Rubbo, Marco Bruno, Francesco Roberto, Massaro and Dino Aquilano (2011) – *The five twin laws of gypsum (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O). A theoretical comparison of the interfaces of the contact twins.* In *Crystal Growth & Design* (21 Nov. 2011).

## CONSULTEZ « L'ESPACE ADHÉRENTS » DE LA SAGA !

Jacques Vallée, webmestre de la SAGA.

Notre Association a créé un « Espace adhérents » réservé à ses membres. On y accède à partir du site Internet : <http://www.saga-geol.asso.fr> et du menu « Espace adhérents ». Dans la page « Identification », saisir l'identifiant et le mot de passe qui vous ont été communiqués (\*).

L'espace est mis à jour régulièrement et vous pouvez y télécharger les documents suivants :

- les derniers numéros de *Saga Information* et de la *Lettre des activités* ;
- le catalogue de la bibliothèque, l'annuaire des membres de l'Association (\*\*), les comptes rendus des réunions du Conseil d'administration ;
- les Entretiens de paléontologie ;
- les Tribunes libres ;
- les Cours de géologie ;
- les présentations des Commissions de paléontologie, de minéralogie, de volcanisme et du Quaternaire ;
- les documents des Séminaires de pétrologie, supports et fiches de lames minces.

Tous ces documents sont au format PDF ou JPEG et sont facilement consultables.

Je reste évidemment à votre disposition pour vous aider à résoudre les problèmes que vous pouvez rencontrer dans la consultation du site. Amicalement.

(\*) Si vous les avez oubliés ou perdus, appelez-moi sur mon adresse mail :

[jacquesvallee@saga-geol.asso.fr](mailto:jacquesvallee@saga-geol.asso.fr)

(\*\*) Les membres de l'association peuvent ne pas figurer dans l'annuaire s'ils m'en font la demande.

## CHANGEMENT D'ADRESSE ?

Nous vous rappelons qu'il est important que vous informiez le plus rapidement possible notre collègue Luc Bonnard, trésorier de la SAGA, de tout changement intervenant dans votre situation de famille ou dans vos coordonnées : adresse, téléphone, courriel, etc.

Ces informations sont recueillies et doivent être tenues à jour par lui pour nous permettre de vous joindre si nécessaire et pour que vous receviez régulièrement votre bulletin *Saga Information* ou/et la *Lettre d'activités* mensuelle.

Nous vous en remercions à l'avance.

Si vous avez besoin de renseignements, vous savez que vous pouvez nous joindre sur notre adresse électronique : [saga-paris@wanadoo.fr](mailto:saga-paris@wanadoo.fr) ou appeler le président Richard Tremblier au : 03 44 21 97 54, après 20 heures.

Vous pouvez également appeler le trésorier Luc Bonnard au : 01 69 81 95 69, ou lui envoyer un message :

[luc.bonnard0865@orange.fr](mailto:luc.bonnard0865@orange.fr)