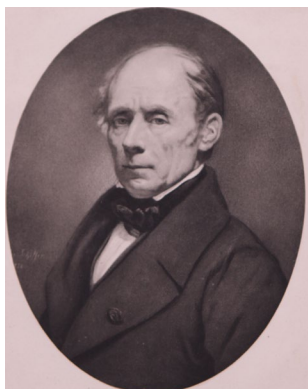




Chef du Bureau topographique



Général



Membre fondateur de la Croix-Rouge

Guillaume-Henri Dufour

Mensuration et cartographie de la Suisse

Table des matières

- 2 Avant-propos
- 3 **Carte topographique de la Suisse: Introduction**
Daniel Speich Chassé
- 4 **Biographie de Dufour**
Hans-Uli Feldmann et Hans-Peter Höhener
- 8 **La *Triangulation primordiale* et son modèle français**
Martin Rickenbacher et Erich Gubler
- 23 **La Carte Dufour – Levé, Gravure, Impression**
Hans-Uli Feldmann
- 48 **La Carte Dufour à l'*Exposition universelle* de Paris en 1855**
Martin Rickenbacher
- 51 **Dufour, général et homme d'Etat**
Jürg Stüssi-Lauterburg
- 55 **Dufour et le Comité International de la Croix-Rouge (CICR)**
Daniel Palmieri
- 57 **Les archives privées de Dufour à la Bibliothèque de Genève**
Barbara Roth-Lochner
- 62 **Hommages**
- 63 **Résumé / Summary**

CARTOGRAPHICA

HELVETICA

Fachzeitschrift für Kartengeschichte
Nr. 54, 2017

Impressum

ISSN 1015-8480

Erscheinungsweise: Zweimal jährlich

Herausgeber:

Arbeitsgruppe für Kartengeschichte, in Zusammenarbeit
mit der Schweizerischen Gesellschaft für Kartografie SGK

Redaktionsteam:

Hans-Uli Feldmann (Chefredaktor), Kartograph, Murten

Madlena Cavelti Hammer Geographin, Horw

Hans-Peter Höhener Historiker, Dr., Zürich

Thomas Klöti Geograph, Dr., Bern

Wolfgang Lierz Informatiker, Männedorf

Urban Schertenleib Geograph, Dr., Frauenfeld

Jost Schmid Geograph, Berikon

Freie Mitarbeiter:

Markus Oehrli Kartograph, Bern

Urs Dick Kartograph, Gurbrü

Übersetzungen:

Christine Studer (E), Bern

Olivier Reis (F), Sarreguemines / France

Satz:

Druckerei Graf AG, Murten

Druck:

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern

Inseratenregie:

Verlag CARTOGRAPHICA HELVETICA

Untere Längmatt 9, CH-3280 Murten

Telefon und Fax +41-26-670 10 50

E-Mail:

info@cartographica-helvetica.ch

Abonnementspreis:

1 Jahr CHF 45.00 (Ausland CHF 50.00)

Einzelheft CHF 25.00 (Ausland CHF 28.00)

Copyright:

© 2017. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur
mit der Erlaubnis der Redaktion gestattet. Für den Inhalt
der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Unsere Homepage mit

- Inhaltsverzeichnis
- Zusammenfassungen und Volltexten
- Sonderheften und Faksimileausgaben

www.kartengeschichte.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Heftumschlag

Dufour-Plakat, Gestaltung: Béatrice Haller, hallerartwork, Bern

Hinten: Dufourkarte Blatt XII, 1:100 000, Erstausgabe 1860.

Kupferstich, einfarbig, im Originalmassstab
(swisstopo Kartensammlung, TK 012 1860).

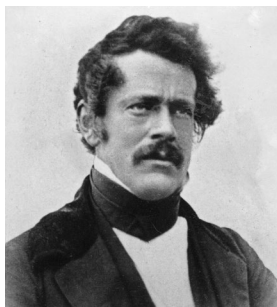


Fig. 11: Johannes Eschmann (1808–1852), à qui l'on doit les résultats des mensurations trigonométriques en Suisse (titre original: *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz*) de 1840 (swisstopo, collection photographique, prise de vue technique 5412).

La *Triangulation primordiale* et son modèle français

Martin Rickenbacher et Erich Gubler

Un aspect particulier des travaux relatifs à la *Carte topographique de la Suisse* au 1:100 000 (Carte Dufour) va être envisagé avec un œil neuf dans la suite, à savoir la création de la base géodésique, autrement dit du cadre géométrique dans lequel l'œuvre cartographique devait s'inscrire. Si ces travaux ont déjà été décrits à maintes reprises,¹ l'idée de recourir à des méthodes modernes pour compenser les mesures réalisées à l'époque est nouvelle et va permettre de les comparer à des observations françaises effectuées peu de temps auparavant. Ces dernières ont du reste servi de modèle aux mesures suisses.

Beaucoup de travail pour le nouveau quartier-maître général...

Lorsque Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) fut nommé quartier-maître général le 20 septembre 1832, la direction des mensurations trigonométriques de la Suisse faisait partie de ses attributions, comme l'autorité de surveillance militaire fédérale le lui notifia le 3 novembre. Dufour ne connaissait toutefois pas l'ampleur exacte de cette tâche à cette date: «On ne m'a pas encore envoyé les papiers qui concernent les travaux géodésiques; je n'ai aucune idée de ce qui est terminé et de ce qui reste à faire. Mais j'espère que le travail est assez avancé pour qu'on puisse en entrevoir le terme.»² A l'issue de sa formation à l'Ecole polytechnique à Paris et à l'Ecole d'application du génie à Metz, Dufour combattit dans les rangs de l'armée française jusqu'en 1817. Il avait pleinement conscience du rôle joué par les ingénieurs-géographes français dans la mensuration de la Suisse: «Les ingénieurs français avaient déjà rattaché à leurs grandes chaînes de triangles l'observatoire de Berne et celui de Genève. Il fallait continuer leur œuvre et l'étendre sur la Suisse entière.»³ Depuis l'occupation des frontières en 1809, les mensurations étaient du ressort des officiers d'état-major du quartier-maître général. Elles gagnaient peu à peu d'autres parties du pays, à partir de la Suisse orientale. Les travaux correspondants furent dirigés par le quartier-maître général Hans Conrad Finsler (1765–1839) jusqu'en 1829. Outre les militaires, des scientifiques entreprirent également des mensurations trigonométriques, à l'instar des professeurs Friedrich Trechsel (1776–1849) à Berne et Daniel Huber (1768–1829) à Bâle. A Sion, le chanoine Josef Anton Berchtold (1780–1859) œuvra au levé du Valais. Un élément central faisait toutefois défaut à tous ces projets régionaux, apte à les réunir en un tout et rattachant les parties situées au nord des Alpes à celles du versant méridional du massif au sein d'un réseau d'ordre supérieur. Après avoir endossé la responsabilité de la mensuration nationale, Dufour invita cinq experts à Berne les 12 et 13 mars 1833, afin qu'ils analysent la situation ensemble et

définissent conjointement la marche à suivre. Le jeune astronome Johannes Eschmann (1808–1852, fig. 11) était du nombre.⁴

... et pour le jeune astronome

Johannes Eschmann

Peu de temps après cette conférence, Dufour tenta de rallier Eschmann à la cause du projet cartographique fédéral: «Je viens par la présente vous proposer officiellement d'être employé à la triangulation de la Suisse. Si cela entre dans vos convenances, je vous prie de me le faire savoir par écrit. Pour cette année vous auriez à faire au printemps les observations dans les cantons de Berne, Soleure, Argovie et Bâle et lorsque la saison le permettra celles des Grisons.»⁵ Ainsi naquit une collaboration qui s'avéra fructueuse entre le Genevois et le jeune Zurichois, lequel ne tarda pas à s'imposer comme le «chef de la géodésie» au sein du projet. Eschmann était chargé de cours en astronomie depuis peu, à la toute nouvelle université de Zurich, après avoir étudié à Paris et à Vienne.⁶

La mise en place d'un cadre géodésique national connut des débuts difficiles. Après la campagne initiale de l'été 1833 menée sous sa direction, Dufour avait l'humeur sombre, comme en témoignent ces quelques mots destinés à l'ingénieur Antoine Joseph Buchwalder (1792–1883): «Je me suis trouvé, je vous l'avoue, excessivement embarrassé quand j'ai dû faire mon rapport pour rendre compte de l'emploi des sommes assez considérables que nous avons dépensées en 1833 sans obtenir de résultat bien appréciable.»⁷

Toutefois, la situation évolua favorablement au cours des années suivantes, à force d'opiniâtreté: les bases de Sihlfeld, près de Zurich, et du Grand Marais, entre Walperswil et Sugiez, furent mesurées en 1834⁸ tandis que le franchissement des Alpes fut achevé en 1835.⁹ Buchwalder et d'autres ingénieurs y avaient déjà largement contribué par leurs travaux préparatoires, effectués dans des conditions souvent ardues et aux prix de certaines privations (fig. 12).¹⁰ Dufour intégra alors les mesures dont il disposait dans un grand «canevas trigonométrique», lequel montrait clairement les triangles suisses enchâssés dans ceux des Français (fig. 13).

Un puzzle comportant de nombreuses pièces: la *Triangulation primordiale*

Il résulte de ce qui précède que la *Triangulation primordiale*, cadre géodésique de la Carte Dufour, se compose de plusieurs parties, mesurées à des époques différentes, par des observateurs différents. Et même si Dufour aurait certainement préféré bâtir sur ses propres bases – Finsler disait de lui qu'«il était généralement très réticent envers tout ce qu'il n'avait pas fait lui-même»¹¹ –, il se rendit compte qu'il lui était impossible de mener sa tâche à bien dans un délai acceptable sans s'appuyer de façon



Fig. 12: Raphael Ritz (1829–1894): *Ingenieure im Gebirge*, 1881. Cette scène reproduit fidèlement la rudesse des conditions de travail des géodésiens en haute montagne. Huile sur toile. Format: 82 x 65 cm (Kunsthau Zurich, n° inv. 450).

appropriée sur l'existant. Tout comme la Carte Dufour elle-même, la *Triangulation primordiale* constituait donc une œuvre commune, assise sur les travaux déjà accomplis dans les cantons et visant à les unifier au profit de tous à l'échelon fédéral.

Dufour résuma ainsi à Eschmann les désagréments inhérents à l'hétérogénéité des données: «Je comprends parfaitement les difficultés que vous rencontrez à assembler des matériaux si divers, et qui ont été préparés à des époques si éloignées. Il faudra faire pour le mieux et de manière à faciliter le plus possible la consultation de notre Description géométrique de la Suisse.»¹² Eschmann proposa de préciser le contexte historique dans lequel virent le jour les éléments sur lesquels il se fondait, mais Dufour émit des réserves: «Quant à la partie historique, vous ferez bien de ne parler qu'en termes un peu vagues, de ce qui a été fait avant 1833 parce qu'en effet la lenteur qui a été mise aux opérations avant cette époque fait peu d'honneur à la Confédération.»¹³

Le plan lithographié du réseau de la *Triangulation primordiale* (fig. 14)¹⁴ date de janvier 1838. Il indique les rattachements aux «ingénieurs français» et aux «ingénieurs lombards» ainsi que les «côtés des triangles provisoires de l'Autriche» et leurs différences avec les valeurs suisses. Par rapport à la fig. 13, la représentation se concentre sur la Suisse. On peut y voir l'expression des efforts déployés par Dufour et Eschmann pour souligner la volonté d'«indépendance géodésique» de la nation en devenir. C'est l'observatoire provisoire (une simple baraque en bois) érigé en 1812 sur le bastion Hohliebi de la Grosse Schanze à Berne par les ingénieurs-géographes français en collaboration avec Trechsel qui servit d'origine à la *Triangulation primordiale*. Outre sa longitude (exprimée par rapport au méridien de Paris) et sa latitude géographique, un azimut astronomique (observé sur le Chasseral) servait à positionner et à orienter le réseau. A cette époque, l'influence française s'étendait donc jusqu'au positionnement de la Suisse sur le globe (fig. 15).¹⁵

Les Résultats d'Eschmann

En janvier 1838, Eschmann fit aussi allusion, dans sa correspondance à Dufour, à un ouvrage paru six ans auparavant en France: «En tout cas je garde soigneusement tous mes calculs pour la possibilité éventuelle d'une description géométrique de la Suisse.»¹⁶ Il songeait donc à publier une Description géométrique de la Suisse sur le modèle de la *Nouvelle description géométrique de la France*.¹⁷ Cette désignation apparaît du reste à plusieurs reprises dans les autres lettres. L'autorité de surveillance militaire accepta la proposition de Dufour d'une telle publication en langue allemande. Il incombait donc à Eschmann d'établir un devis, après consultation des imprimeries à Zurich, que son supérieur entendait adresser à la Diète via l'autorité de surveillance militaire.¹⁸

Les résultats des mensurations trigonométriques en Suisse (appelés *Résultats* dans la suite) furent imprimés en 1840 par «Orell, Füssli und Compagnie» à Zurich. Le nom complet de l'ouvrage était: *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz. Nach Befehl der Hohen Tagsatzung aus den Protokollen der eidgenössischen Triangulierung bearbeitet von J. Eschmann, Oberlieutenant beim eidgenössischen Oberstquartiermeisterstab*. Il est surprenant que cette publication parvienne à dégager une telle impression d'unité – au premier regard tout au moins (cf. paragraphe suivant) – en dépit de l'hétérogénéité de ses bases. Cette homogénéisation formelle constitue à elle seule une vraie prouesse, tant sur le plan historique que culturel, quel qu'ait pu être son niveau de mise en œuvre.

Eschmann avait déjà publié un répertoire d'altitudes (*Trigonometrisch bestimmte Höhen der Schweiz*) deux ans plus tôt.¹⁹ Il accordait une grande valeur à un réseau altimétrique fiable qu'il continua d'étendre jusqu'à la fin de l'automne 1839 avec l'aval de Dufour. «Tous ces nivellements [...] feront un ornement de notre description géométrique.»²⁰ Parce que la

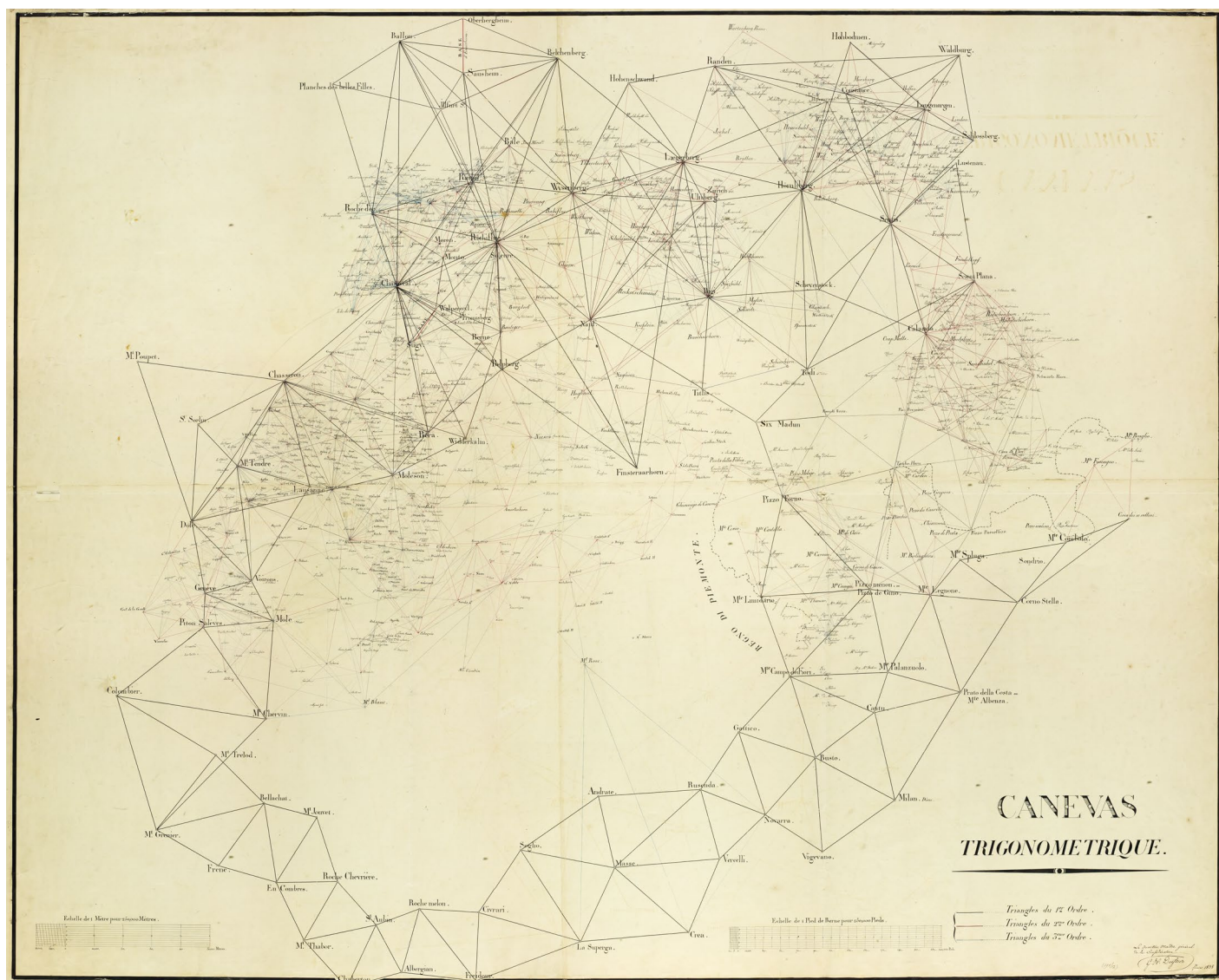


Fig. 13: *Canevas trigonométrique*, 1835: carte manuscrite à l'échelle du 1:250 000, format original 170,5x137 cm. Ce projet signé par Dufour montre bien l'enchâssement de la triangulation fédérale dans les réseaux de triangles mesurés à l'ouest, au nord et au sud par les Français et publiés par Louis Puissant en 1832. Seuls les triangles mesurés par les géodésiens suisses figurent sur les plans du réseau de la *Triangulation primordiale* publiés par la suite, sans les rattachements qui les replacent dans leur contexte historique (swisstopo, archives du domaine de la géodésie, plan du réseau 191/12).

Suisse n'est bordée par aucune mer ou océan, il dut choisir un point de rattachement proche de la frontière nationale comme altitude de référence. Avec l'assentiment de Dufour, lequel aurait préféré le niveau moyen du lac Léman (avec l'une des deux pierres du Niton comme référence) si l'on en croit ses écrits, il opta pour le Chasseral comme origine des altitudes de la *Triangulation primordiale*.²¹ Deux valeurs différentes avaient été publiées dans la *Nouvelle description géométrique de la France*. La plus ancienne provenait des mesures effectuées par Henry pour la *Méridienne de Strasbourg*,²² la plus récente étant issue de la *Triangulation intermédiaire* réalisée entre 1827 et 1829.²³ Eschmann décida d'accorder une égale confiance aux deux mesures et utilisa leur moyenne (soit 1609,57 m) comme horizon altimétrique dans ses calculs.²⁴ Cette valeur constitua la base des cotes altimétriques publiées sur les Cartes Dufour et Siegfried jusqu'après la Deuxième Guerre mondiale.

Sept ans après l'entrée en fonction de Dufour, Eschmann et les autres ingénieurs étaient parvenus, avec le soutien actif de leur supérieur, à publier le premier système géodésique de référence d'ampleur nationale sous la forme des *Résultats*, comportant 237

pages en tout et agrémenté d'une carte synoptique *Übersichts-Karte der bis zum Jahr 1840 ausgeführten Trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz* (fig. 17).²⁵ Et cela, en dépit du fait que le processus de gestation de la nation auquel il était destiné n'était pas encore achevé sur le plan politique.

Les Résultats vus par la critique

Les *Résultats* firent l'objet d'un compte rendu critique dans la *Bibliothèque universelle de Genève* dès l'année de leur parution.²⁶ Il fut rédigé par Alfred Gautier (1793–1881), professeur d'astronomie et de mathématiques supérieures à l'Académie de Genève et directeur de l'observatoire local, que Dufour lui-même aurait rendu attentif à cette nouvelle publication. Le critique se montra très satisfait sur le plan purement scientifique: «C'est avec une satisfaction toute particulière que j'annonce la publication récente de l'ouvrage dont je viens de rapporter le titre, et qui renferme les bases d'une description géométrique de la Suisse: car cette publication me paraît très honorable pour notre patrie sous le rapport scientifique; et c'est un pas important de plus



Fig. 14: *Triangulation primordiale de la Suisse*, 1838: lithographie de Schweizer et Grimlinger à Zurich, échelle du 1:625 000 environ, format original: 48,3 x 32,4 cm. Ce plan de réseau indique les rattachements aux «ingénieurs français» et aux «ingénieurs lombards» ainsi que les «côtés des triangles provisoires de l'Autriche» et leurs différences avec les valeurs suisses. Par rapport à la **fig. 13**, la représentation se concentre sur la Suisse. On peut y voir l'expression des efforts déployés par Dufour et Eschmann pour souligner la volonté d'«indépendance géodésique» de la nation en devenir (swisstopo, archives du domaine de la géodésie, plan du réseau 191/6).

de fait vers le but qu'on s'y propose déjà depuis bien des années, celui d'obtenir une grande carte topographique qui embrasse l'ensemble de la Confédération.»²⁷ A la fin de sa critique, Gautier souligna l'importance nationale de ce projet cartographique fédéral: «Des occasions de ce genre, qui font concourir les gouvernemens et les notabilités des diverses parties de la Suisse à des entreprises de véritable utilité publique, doivent resserrer le lien fédéral, et en faire toujours plus apprécier les avantages. Puisse l'arbre antique et sacré de la Confédération porter, avec la bénédiction divine, des fruits de plus en plus abondans de prospérité et d'amélioration morale et sociale! Ce sera la plus douce des récompenses pour ceux qui, s'abritant sous son ombre, auront contribué, en quelque manière, à ses heureux développemens.»²⁸

Eschmann remercia «infiniment» Dufour pour l'envoi du compte rendu de Gautier, lequel peut être considéré, du fait de son ampleur, comme une version française et un complément des *Résultats*. «Sa brochure est bien intéressante et contient plusieurs détails qui n'étoient pas à ma connoissance. Je suis parfaitement de son avis, qu'il sera désirable avec le temps, de faire un supplément de ce volume par rapport de ce qui concerne la triangulation secondaire de la Suisse et la position géographique des villes principales.»²⁹

La consigne donnée par Dufour (faire en sorte que l'introduction historique soit brève) produisit une conséquence fâcheuse: si l'ingénieur-géographe français Joseph François Delcros (1777-1865), qui

avait collaboré au «Bureau topographique français de l'Helvétie» de 1803 à 1813, estima à propos des *Résultats* : «C'est un fort bon et fort beau travail», il se plaignit aussi amèrement du fait que les travaux réalisés par les ingénieurs-géographes de Napoléon sur le sol suisse aient été passés sous silence. «C'est un manque de convenance et un oubli fâcheux des égards que se doivent les hommes dont la vie entière est consacrée à des travaux scientifiques, indépendants de toute rivalité nationale par leur nature et leur but. Je vous avoue avec toute ma franchise que cette injustice m'a vivement impressionné. C'est la première que j'éprouve de ce genre, et dans la partie de l'Allemagne où j'ai travaillé, l'on a été plus que juste à mon égard.»³⁰

Le premier commentaire des *Résultats* paru en Suisse alémanique fit également l'effet d'une douche froide. «Pour les férus de géographie, le répertoire de la position de tous les points de mensuration, les observations astronomiques et les déterminations altimétriques constituent la partie la plus intéressante du travail dont la valeur serait encore accrue si tant d'erreurs d'impression ne s'y étaient pas glissées. C'est en vain qu'on en recherche la correction en fin d'ouvrage.»³¹ Trois ans après leur parution, on savait donc que les *Résultats* n'étaient pas exempts d'erreurs. Les documents du «Bureau topographique fédéral» comprennent d'ailleurs un dossier regroupant des «corrections des résultats d'Eschmann». Rédigé par l'ingénieur Adolphe-Marie-François Bétemps (1813–1888),³² il n'a jamais été publié. Rudolf Wolf lui non plus n'en fit pas



Fig. 15: C'est l'observatoire provisoire (une simple baraque en bois) érigé en 1812 sur le bastion Hohliebi de la Grosse Schanze à Berne par les ingénieurs-géographes français en collaboration avec Johann Friedrich Trechsel qui servit d'origine à la *Triangulation primordiale*. Lithographie de Burgdorffer (Bibliothèque de l'Université de Berne).

mention dans son histoire des mensurations en Suisse publiée quarante ans plus tard: «Cet ouvrage est tellement riche de faits, de résultats de calculs, d'analyses et de remarques judicieuses qu'il ne perdra jamais de sa valeur et honorera la réputation de son auteur qui a d'autant plus mérité de sa patrie et de la science qu'une grande partie de son travail repose sur ses propres relevés, réalisés à maintes reprises au péril de sa santé et de sa vie.»³³ Sept décennies plus tard, Hans Zölly se rallia à l'avis de Wolf, en le complétant ainsi dans une note de bas de page: «Il convient malheureusement d'attirer l'attention ici sur le grand nombre d'erreurs d'impression que contient l'ouvrage; l'exemplaire corrigé du Service topographique fédéral devrait être consulté avant toute utilisation de l'ouvrage.»³⁴

Le nouveau calcul de la *Triangulation primordiale*

Au vu de la situation ainsi décrite, il a semblé opportun de procéder à une analyse poussée des *Résultats* d'Eschmann en recourant à de nouvelles méthodes. Les outils de calcul actuels n'ont plus rien de commun avec ceux de cette époque: s'il était uniquement possible alors de calculer un triangle après l'autre et de traiter tout le réseau en passant de l'un à l'autre aussi judicieusement que possible, des logiciels informatiques modernes, cas par exemple de LTOP,³⁵ permettent désormais la compensation globale d'un réseau entier.

Les angles observés du réseau de triangles de premier ordre ont donc été saisis dans les *Résultats* (fig. 16)³⁶ au cours d'une première étape. Le premier triangle doit être interprété ainsi: un angle de $85^{\circ} 46' 21,2''$ a été mesuré sur le point Walperswyl, du point Sugy (à gauche) vers le point Chasseral (à droite); un angle de $52^{\circ} 54' 51,2''$ a été mesuré sur le point Sugy, du point Chasseral (à gauche) vers le point Walperswyl (à droite); un angle de $41^{\circ} 18' 48,8''$ a été mesuré sur le point Chasseral, du point Walperswyl (à gauche) vers le point Sugy (à droite). Toutes les autres indications comme l'excès sphérique,³⁷ les logarithmes et les longueurs des côtés en mètres étaient des résultats intermédiaires à l'époque et il n'a pas été nécessaire de les saisir.³⁸ L'étape suivante a consisté à déduire le fichier de mesures au format LTOP des valeurs ainsi entrées.³⁹ 126 triangles ont été saisis de cette manière.⁴⁰ 32 d'entre eux comprennent un angle désigné par «(g)» pour calculé («gerechnet» en allemand), parce qu'il résulte des deux autres angles et de l'excès sphérique.⁴¹ A plusieurs reprises, un angle a été déduit de la somme ou de la différence de deux ou de trois angles observés. Dans un très faible nombre de cas, la détermination a même été réalisée par voie trigonométrique, à partir d'un angle et des longueurs déjà connues de deux côtés. De tels angles n'ont évidemment pas valeur d'observations indépendantes; ceux calculés par voie trigonométrique ont été éliminés, de sorte que le fichier des mesures contenait finalement 341 angles (ou séries de deux directions à chaque fois).

L'élimination des angles calculés par voie trigonométrique apparaît clairement sur le nouveau plan du réseau (fig. 22) où ne figurent que les observations effectivement utilisables. Les mesures simples sont représentées par une ligne pointillée vers le point visé. Toutefois, certains angles y apparaissent comme étant mesurés, parce que l'angle voisin contient le point visé concerné. On voit bien plus clairement que sur les plans dressés à l'époque d'Eschmann (fig. 14, 17) que les coordonnées de certains points sont mal contrôlées ou ne le sont pas du tout. Les points Tödi et Genève en constituent les meilleurs exemples, n'étant déterminés que par de simples intersections de directions.

Les fermetures des triangles (ou les écarts par rapport à la valeur théorique de 180°) constituent un premier critère d'appréciation de la qualité des mesures. 19 d'entre elles excèdent $5''$ ou $15''$. Elles sont toutes ou presque enregistrées dans les Alpes et résultent vraisemblablement de la rudesse des conditions de travail, d'incertitudes dans les définitions des points ou d'erreurs de centrage. L'écart de loin le plus élevé concerne le triangle Berra-Niesen-Gumfluh ($-34,4''$ ou $106''$, cf. tab. 1). Les autres atteignent tout au plus la moitié de cette valeur. Une compensation robuste montre qu'une erreur sans doute été commise au niveau de l'angle à la station de Niesen (visées vers Gumfluh et Berra).⁴² Le répertoire des angles observés nous apprend que cet angle n'a pas été mesuré directement, mais qu'il a été déduit de la somme de deux angles mesurés à

laquelle on a soustrait un troisième angle,⁴³ ce qui explique, en partie au moins, sa faible précision. Toutes les mesures impliquées dans cette opération sujette à caution proviennent de l'ingénieur Johann Jakob Frey (1783–1849) de Knonau, lequel a participé à la triangulation du canton de Berne à partir de 1809 sous la direction du professeur Trechsel. Il a cependant utilisé un théodolite de Schenk, inadapté dans ce cadre, parce que son limbe n'a qu'un diamètre de 7 pouces (soit 178 mm). Les angles vers les deux autres stations ont été mesurés à la même époque par Frey, avec le même théodolite. Lorsque cet ingénieur chercha à se faire embaucher dans le cadre du projet cartographique fédéral en juillet 1833, Finsler recommanda de ne pas donner suite à sa candidature. Il s'était en effet avéré que la triangulation du bailliage de Berne réalisée par Frey avait été refusée par le gouvernement parce que trop imprécise et qu'il avait été démis de ses fonctions pour avoir travaillé avec trop de «légèreté» et pour avoir voulu en imposer à ses mandants en leur présentant un grand nombre d'angles mesurés.⁴⁴

Quoi qu'il en soit, la *Triangulation primordiale* présente encore quelques contraintes majeures à l'issue de cette compensation globale et plusieurs compensations robustes n'ont malheureusement pas permis de les localiser et encore moins d'y remédier. Eschmann ayant dû compiler des observations provenant de sources très hétérogènes, la recherche dans les procès-verbaux originaux aurait constitué une tâche gigantesque, totalement hors de proportion. En outre, le manuscrit original d'Eschmann, sur lequel reposent les *Résultats* imprimés, n'a pu être retrouvé ni dans les Archives fédérales ni dans celles de son éditeur Orell Füssli.⁴⁵

En comparant les coordonnées calculées par Eschmann à celles issues d'une compensation globale par la méthode des moindres carrés positionnée à l'identique, on constate que les différences sont inférieures à 10 m pour la plupart des points. Les écarts n'excèdent cette limite que pour cinq points de la chaîne de triangles mesurée en Valais par le chanoine Berchtold, la divergence la plus forte étant atteinte sur le point Blasihorn avec 21,5 m. A l'échelle de la Carte Dufour, cela correspond à un déport de deux dixièmes de millimètres. La précision locale est d'ailleurs bien supérieure, puisque les points voisins présentent des écarts similaires.

Le modèle français: la *Nouvelle description géométrique de la France* de Puissant

En 1832, année durant laquelle Dufour fut nommé quartier-maître général et endossa donc la responsabilité de la mensuration nationale suisse, le premier des trois volumes de la *Nouvelle description géométrique de la France* fut publié à Paris.⁴⁶ Son auteur, l'ingénieur géographe Louis Puissant (1769–1843, **fig. 18**), fut considéré comme le représentant le plus éminent de la géodésie française pendant plus d'un demi-siècle. Il avait été élu à l'«Académie des sciences» quatre ans auparavant, en tant que suc-

N°	Winkelpunkte.	Beob. Winkel.	Sphär.	Log. der Sinus.	Log. der Seiten.	Seiten in Metern.
1.	Walperswyl	85° 46' 21,2	20,9	9,9988167	4,2948906	19719,26
	Sugy	52 54 51,2	51,0	9,9018576	4,1979312	15773,62
	Chasseral	41 18 48,8	48,6	9,8196615	4,1157350	13053,74
	Sphärischer Excess	180 0 1,2	0,5			
	Summe der Fehler	0,5				
2.	Walperswyl	66° 44' 59,7	61,2	9,9632179	4,2736550	18778,25
	Chasseral	62 44 7,2	8,6	9,9488544	4,2592914	18167,34
	Monto	50 30 49,5	50,9	9,8874944	4,1979312	15773,62
	Sphär. Exc.	179 59 56,4	0,7			
	Summe der Fehler	0,7				
3.	Chasseral	58° 44' 49,8	50,4	9,9319091	4,3347762	21616,05
	Monto	73 17 40,5	41,1	9,9812731	4,3841408	24218,13
	Frienisberg	47 57 28,9	29,5	9,8707880	4,2736550	18778,25
	Sphär. Exc.	179 59 59,2	1,0			
	Summe der Fehler	1,0				

cesseur de Pierre-Simon Laplace (1749–1827). Comme son cadet de quarante ans Eschmann, il était d'extraction pauvre. Ce fils de paysans fut orphelin très tôt et fut placé comme saute-ruisseau chez un notaire arpenteur, ce qui éveilla en lui le désir d'étudier la géométrie et lui rendit de fiers services scientifiques tout au long de son impressionnante carrière.⁴⁷ Ses traités de géodésie⁴⁸ et de topographie⁴⁹ firent date. On les consultait aussi beaucoup en Suisse. Dufour entretint également une correspondance avec le supérieur de Puissant, le général de division Jean Jacques Pelet (1777–1858, **fig. 19**), qui dirigea le Dépôt de la Guerre français de 1830 à 1850.

Avec la *Nouvelle description géométrique de la France* de 1832, le pays disposait déjà de son deuxième cadre géodésique de référence d'ampleur nationale. César François Cassini de Thury (1714–1784) avait en effet publié la première *Description géométrique de la France* un demi-siècle plus tôt.⁵⁰ C'était la base de la *Carte de France* au 1:86 400. Aussi appelée «Carte de Cassini», elle parut à partir de 1756 et fut la première en Europe à s'appuyer sur une triangulation d'ampleur nationale.⁵¹ A l'ère de Napoléon, elle ne parvenait cependant plus à satisfaire des exigences désormais accrues: l'empereur des Français envisagea donc dès 1808 de faire établir une nouvelle carte topographique par ses ingénieurs-géographes. Le projet, qui prévoyait une coordination avec les travaux cadastraux, ne se concrétisa que durant la Restauration. Le roi Louis XVIII (1755–1824) ordonna sa réalisation le 11 juin 1817, en la plaçant sous le signe du renouveau national.⁵² Il s'agissait de dresser la *Carte de l'État-major* au 1:80 000.

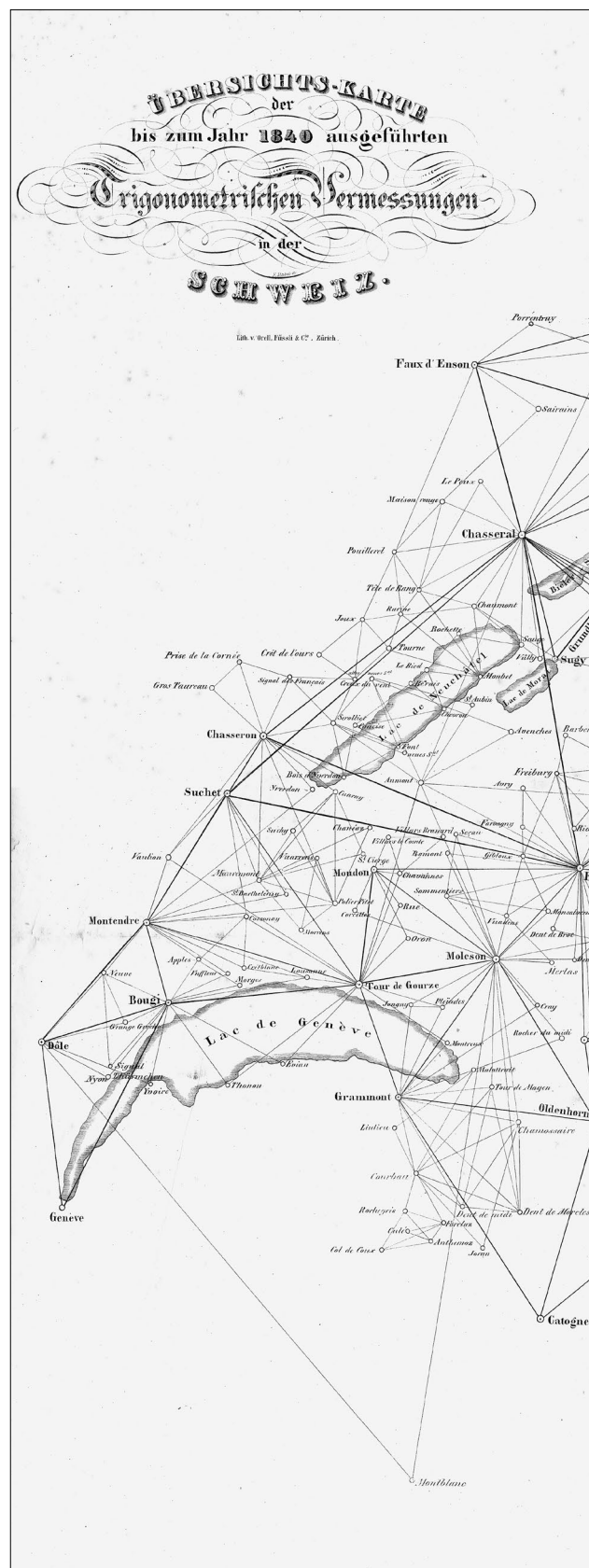
Le réseau de triangulation de premier ordre français publié par Puissant comportait environ 1000 points.⁵³ Il était de conception modulaire et comprenait les chaînes de triangles des «méridiennes» (orientées du nord au sud) et des «parallèles» (d'ouest en est), entre lesquelles des «triangulations intermédiaires» venaient s'intercaler (**fig. 20**). Le

Fig. 16: Les trois premiers triangles du réseau de la *Triangulation primordiale* dans les *Résultats (Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen der Schweiz)*. Un angle de 85° 46' 21,2" a donc été observé sur le point Walperswyl entre Sugy et le Chasseral, un angle de 52° 54' 51,2" depuis Sugy entre le Chasseral et Walperswyl et ainsi de suite. Déduction faite de l'excès sphérique, l'erreur sur le triangle s'établit à +0,7" (Eschmann (1840), p. 67).

Triangle n°	Point 1	Point 2	Point 3	Ecart en "
100	Berra	Niesen	Gumfluh	-34.4
104	Hohgant (Tralles)	Faulhorn	Rothhorn	+17.6
110	Ritzlihorn	Steinhaushorn	Klein Sidelhorn	-16.1
106	Rothhorn	Wildgerst	Hohenstollen	+13.5
15	Calanda	Scessaplana	Schwarzhorn	+11.7

Tab. 1: Les cinq fermetures de triangles les plus défavorables de la *Triangulation primordiale*.

système de coordonnées français avait son origine à l'Observatoire de Paris. La «méridienne de France» entre Dunkerque et Montjouy, laquelle avait été mesurée à partir de 1792 et avait servi de base à la détermination du mètre,⁵⁴ en constituait l'axe principal (nord-sud), tandis que le «parallèle de Paris» était son pendant d'ouest en est. Les autres «méridiennes» et «parallèles» en étaient décalés de 200 kilomètres à chaque fois. Le réseau s'appuyait sur sept bases,⁵⁵ parmi lesquelles celle d'Ensisheim, au nord de Mulhouse, était la plus longue (plus de 19 km). Elle fut mesurée entre le 27 juillet et le 3 septembre 1804 sous la direction du colonel Maurice Henry (1763–1825) par des membres du «Bureau topographique de l'Helvétie», au moyen des règles de platine de l'appareil de Borda.⁵⁶ Les sous-réseaux compris dans la bande délimitée par Strasbourg et Lyon sont indiqués sur le **tab. 2** (**fig. 21**). Une douzaine de points sont situés sur le sol suisse et le territoire couvert (enveloppe) représente un cinquième de la surface actuelle du pays (7700 km²).



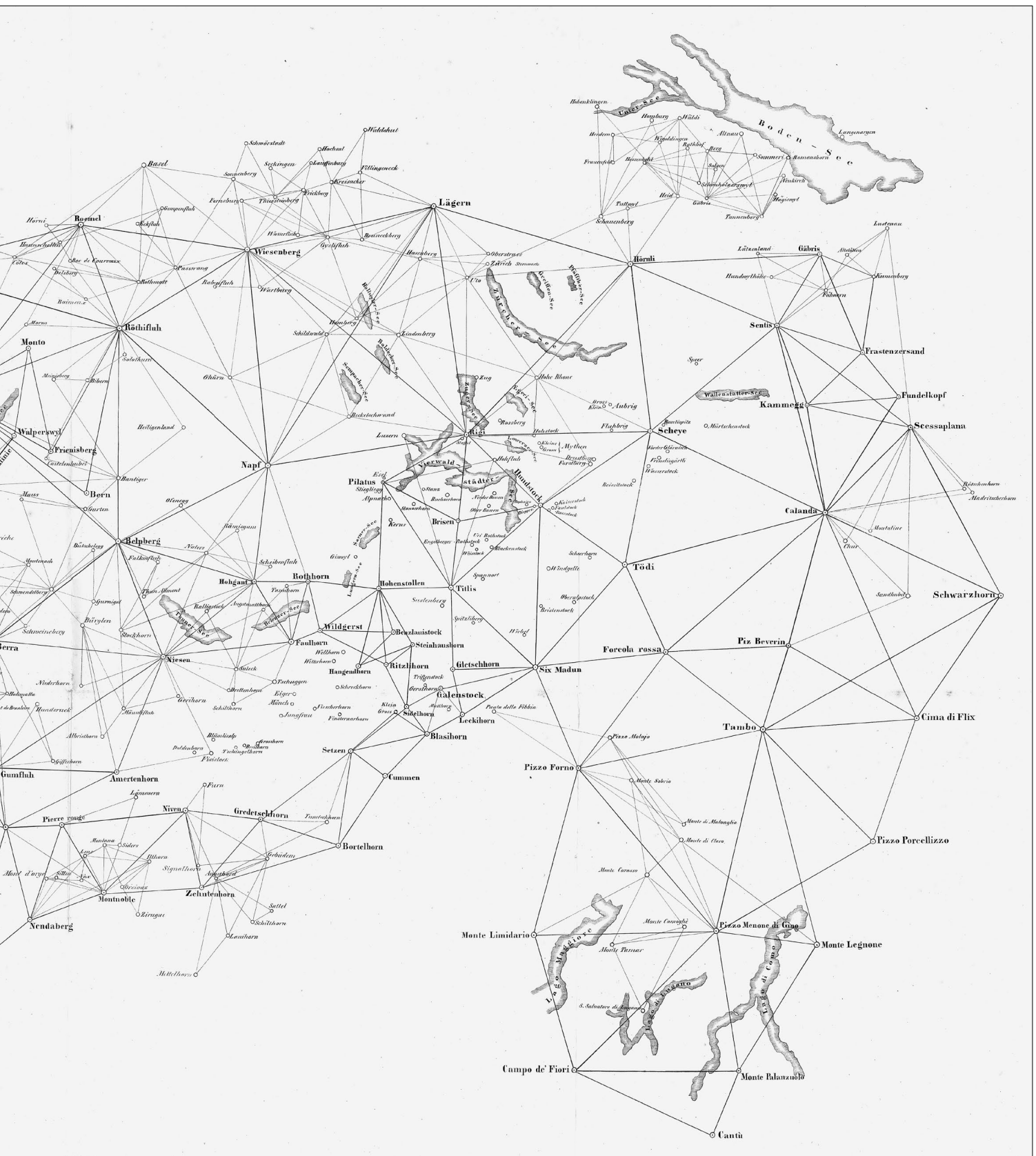


Fig. 17: Übersichts-Karte der bis zum Jahr 1840 ausgeführten Trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz. Gravure sur pierre de F. Stabel, lithographie d'Orell, Füssli & C^{ie}, Zurich, 1840, échelle du 1:505 000 environ, format original: 62,5 x 50 cm. Plié, ce plan du réseau était inclus dans les Résultats (Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz) d'Eschmann. Il introduit une distinction entre le réseau de 1^{er} ordre (traits épais) et celui de 2^{ème} ordre (traits fins). Dans l'Oberland bernois et en Suisse centrale, certains points ne sont reliés à aucun autre (Eschmann [1840], annexe).

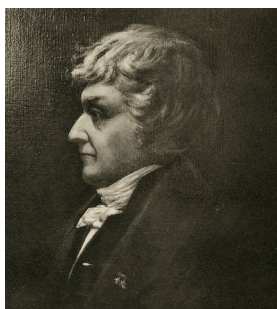


Fig. 18: Louis Puissant (1769–1843), auteur de la *Nouvelle description géométrique de la France* de 1840 (IGN).



Fig. 19: Baron Jean Jacques Pelet (1777–1858), général de division, directeur du Dépôt de la Guerre de 1830 à 1850 et initiateur de la *Nouvelle description géométrique de la France* (IGN).

Nouveau calcul du sous-réseau Est de la *Nouvelle description géométrique de la France*

Les sous-réseaux de la *Nouvelle description géométrique de la France* figurant sur le **tab. 2** et entourés en rouge sur la **fig. 20**, limitrophes de la Suisse à l'ouest ou empiétant sur son territoire, ont été saisis d'une manière similaire à la *Triangulation primordiale*. Toutefois, les angles observés durent d'abord être reconstruits à partir des «angles sphériques», en répartissant l'excédent à parts égales sur les trois angles pour chacun des triangles concernés.⁵⁷ Des différences sont apparues aux jointures entre les sous-réseaux lors de la saisie des coordonnées géographiques.⁵⁸ Elles proviennent du mode de calcul de l'époque: les triangles étaient calculés les uns après les autres au sein d'une chaîne, dans l'ordre indiqué. Aucune compensation globale n'était envisageable. Selon une estimation moderne très optimiste, 30 ou 40 années de calculateur expérimenté auraient été nécessaires pour procéder à une compensation globale du réseau de premier ordre (comportant environ 1000 points) avec les moyens de l'époque.⁵⁹

Les différences de coordonnées entre les diverses parties du réseau ne jouèrent un rôle pour le présent calcul qu'au stade de la vérification préalable suivante: les sous-réseaux mesurés tardivement étaient-ils toujours rattachés aux mêmes points à ceux mesurés plus tôt? Pour le savoir, les différents sous-réseaux ont d'abord été compensés séparément, deux points si possible diamétralement opposés étant introduits comme points fixes. Les couples

de coordonnées résultant de ce positionnement minimal de sous-réseaux jointifs ont ensuite été soumis à une transformation de Helmert réalisée au moyen du module TRANSINT du logiciel GeoSuite⁶⁰ de swisstopo. Il est ressorti de cette analyse que les signaux n'ont vraisemblablement pas été mis en place sur les mêmes points de la crête principale du Jura suisse, vu l'écart existant à ce niveau entre le sous-réseau le plus ancien, à savoir la méridienne de Strasbourg (**tab. 2**) mesurée entre 1804 et 1813, et les sous-réseaux mesurés ultérieurement. Autrement dit, deux centres distincts ont été déterminés pour chacun des quatre points Rötfluh, Chasseral, Chasseron et Mont Tendre: un pour la méridienne de Strasbourg et un pour les autres sous-réseaux. Si la différence n'atteignait qu'une soixantaine de centimètres pour les points Rötfluh et Chasseral, elle s'élevait respectivement à 4,5 et à 5,6 mètres pour le Chasseron et le Mont Tendre. De tels écarts attestent d'époques où de fortes incertitudes pesaient sur l'identification pérenne des points en l'absence de fiches signalétiques permettant de reconstruire leur position sans la moindre ambiguïté à l'aide de repères excentriques.

Le sous-réseau français Est ainsi composé et contrôlé s'est révélé être d'une qualité remarquable, témoignant d'une grande maîtrise technique de notre voisin occidental en cette matière.

Ce qui saute aux yeux d'emblée, c'est le cadre politique radicalement différent régissant les unités de mesure (longueurs et angles) dans les deux pays. En France, l'emploi du mètre était déjà prescrit par la loi en 1799, bien avant que Méchain et Delambre en exposent les bases scientifiques en détail entre 1806 et 1810.⁶¹ Le système de mesures avait déjà été unifié au plan national au début du 19^e siècle, alors qu'en Suisse, les unités de mesure variaient encore d'un canton à l'autre au début des années 1830.⁶² Avant l'entrée en fonction de Dufour, la première Commission de levé national se réunit du 4 au 9 juin 1832 à Berne pour débattre des mesures à prendre pour achever les mensurations trigonométriques.⁶³ Elle aborda également la question des unités de mesure. À cette occasion, l'ingénieur Buchwalder posait *La demande de fonder tous les travaux de mensuration sur le mètre fut malheureusement repoussée, si bien que l'on adopta la toise française ou toise du Pérou comme étalon de mesure (par 3 voix contre 1)*.⁶⁴ Il est révélateur que la demande d'introduction du mètre ait émané de l'ingénieur Buchwalder qui était originaire de l'ancienne Principauté

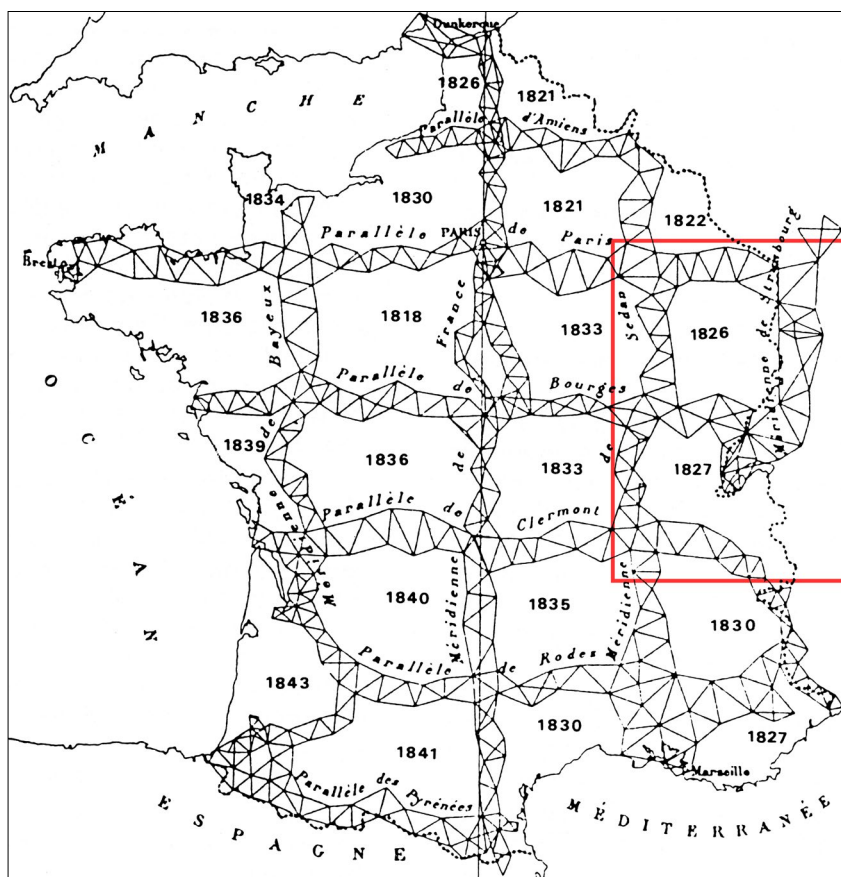


Fig. 20: Structure de la triangulation française publiée par Puissant en 1832: les chaînes de triangles des «méridiennes» sont orientées du nord au sud et celles des «parallèles» d'ouest en est; des «triangulations intermédiaires» comblent les intervalles. La zone entourée en rouge a été saisie pour les besoins de la présente étude (**fig. 23**).

épiscopale de Bâle, l'actuel canton du Jura. Le mètre fut introduit deux fois dans cette région. En 1793, la partie nord de la Principauté, occupée par les forces françaises depuis un an, était devenue le Département du Mont-Terrible, où le système métrique fut prescrit plus tard. En 1815, le Congrès de Vienne attribua la Principauté épiscopale au canton de Berne, de sorte que les anciennes unités de mesure s'y appliquèrent à nouveau. Le mètre ne fut définitivement introduit dans tout le pays qu'en 1877, imposé par une loi fédérale. Ces passages répétés d'un système de mesure à un autre, auxquels les responsables de la mensuration nationale furent aussi soumis durant les années 1830, sont symptomatiques des réticences longtemps éprouvées en Suisse envers les acquis dus à la France de Napoléon. Les trois experts dont l'avis prévalut au sein de la Commission de levé national préférèrent s'en tenir à l'état des sciences sous la monarchie, avant l'ère révolutionnaire, alors qu'il datait déjà de près d'un siècle à l'époque. Eschmann ne s'en tint cependant pas totalement à cette décision dans ses *Résultats* huit ans plus tard. Elle était antérieure à l'entrée en fonction de Dufour. Si l'on recourut encore à la toise, au pied et à la ligne pour les mesures de bases, le mètre servit pour la partie trigonométrique.

On peut dresser le même constat concernant l'unité angulaire utilisée: tandis que les Français subdivisaient le cercle en 400 grades, eux-mêmes subdivisés dans la logique du système décimal, on continua longtemps encore en Suisse à recourir au système sexagésimal avec sa subdivision bien moins commode en 360 degrés de 60 minutes comportant chacune 60 secondes. En matière de mesure des longueurs et des angles, la mensuration nationale s'appuyait donc sur des unités bien plus modernes en France qu'en Suisse.

Les surfaces couvertes par les réseaux sont elles aussi parlantes. La *Primordiale* ne couvre qu'environ 28 235 km² en Suisse, soit à peine plus des deux tiers du pays. De vastes zones situées au nord de la crête principale du Jura et dans le sud du Valais ainsi que la quasi-totalité du Tessin y échappent totalement (fig. 22). Dans ces régions, la base requise pour établir la Carte Dufour fut constituée par les triangles de deuxième et de troisième ordre. S'agissant maintenant du sous-réseau français, la part des zones situées hors du territoire national excède 13%. 7701 km² relèvent du territoire suisse actuel, ce qui illustre clairement la politique expansionniste pratiquée par la France en matière de mensuration jusqu'à la fin du règne de Napoléon. La densité des points de la *Primordiale* est environ une fois et demi plus élevée que celle du sous-réseau français.

Le réseau de triangles français est clairement structuré par les méridiennes, les parallèles et les triangulations intermédiaires qui lui donnent une ossature modulaire. La *Triangulation primordiale* est quant à elle un réseau global où les triangles sont simplement accolés les uns aux autres. Si le contexte historique dans lequel les différentes parties du réseau ont été générées est bel et bien décrit,⁶⁵ il est cependant impossible de les compenser isolément, parce



Fig. 21: Extrait du plan du réseau de la Carte générale des triangles fondamentaux et des principaux points secondaires de la nouvelle carte topographique de la France gravée à l'échelle de 1 pour 80,000 comprenant le tableau d'assemblage des feuilles de cette carte. Dressée par ordre du Ministre de la guerre, sous la direction de M. le L. G. al Pelet, pair de France, Directeur du Dépôt de la Guerre. Cette carte était jointe à la Nouvelle description géométrique de la France, publiée par Puissant en 1832 (Puissant [1832], pièce jointe). Extrait réduit à 60%.

Sous-réseau	Pages	Période	Responsable	Nombre Δ
Méridienne de Strasbourg	404–409	1804 [–1813]	Henry	21
Méridienne de Sedan	414–425	1820–1825	Delcros/Clément	25
Parallèle de Paris	208–216	1818–1823	Henry	13
Parallèle de Bourges	246–256	1818–1824	Corabœuf	18
Parallèle moyen	292–296	1818–1821	Brousseau	6
Triangulation intermédiaire [nord]	514–527	1826–1829		74
Triangulation intermédiaire [sud]	527–538	1827–1829		52

Tab. 2: Les sous-réseaux de la triangulation française de premier ordre utilisés pour la présente étude. Les pages sont celles concernées dans l'ouvrage de Puissant (1832), les indications relatives à la période et au responsable des observations proviennent de Levallois (1988), p. 99. Les nombres de triangles se rapportent à la sélection opérée pour la présente étude.

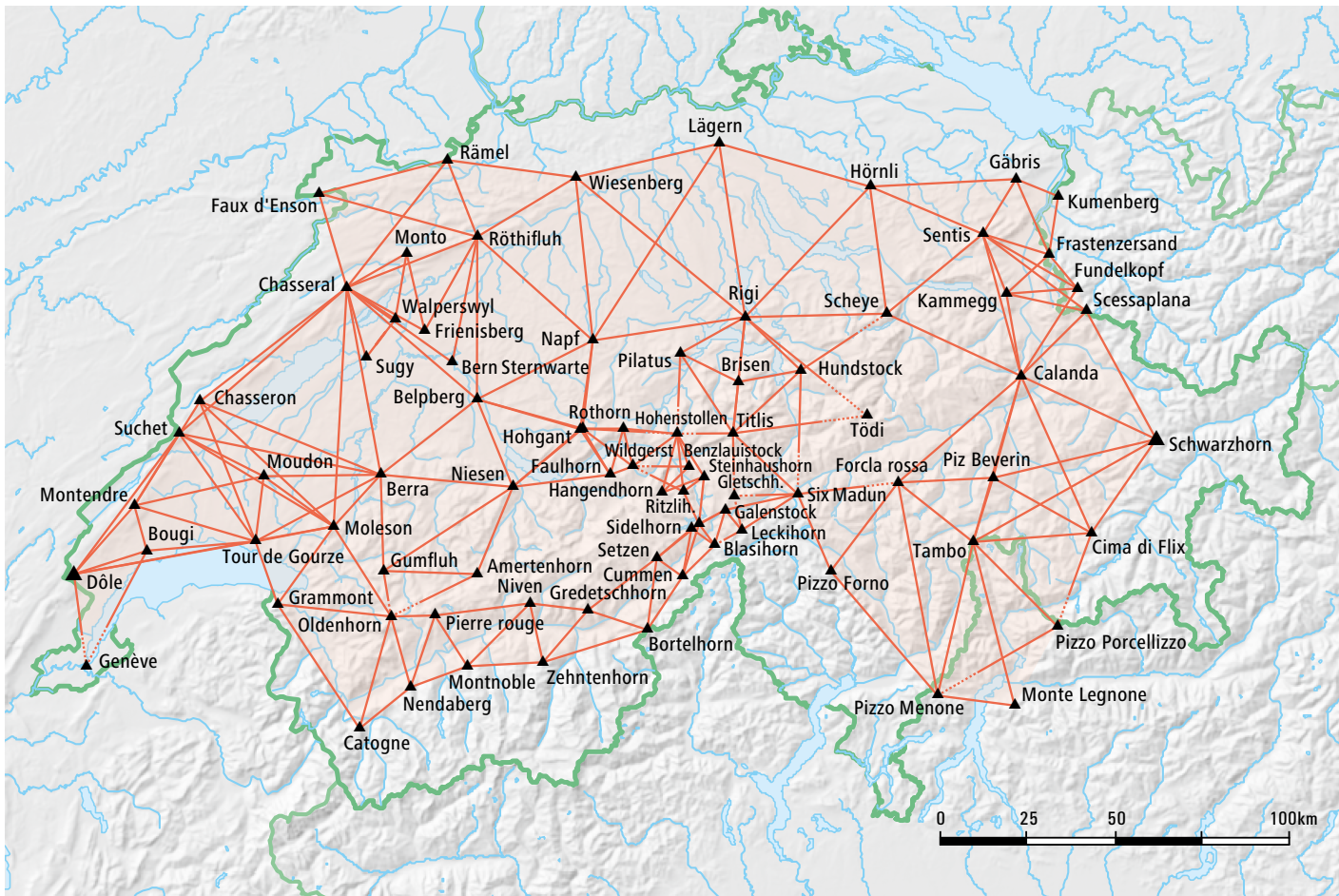


Fig. 22: Plan du réseau bâti pour la nouvelle détermination de la *Triangulation primordiale* selon les *Résultats* d'Eschmann de 1840. Positionnement minimal du réseau sur les deux points Dôle et Schwarzhorn (grands triangles noirs). Il ne couvre que les deux tiers environ de la Suisse et la part de territoire étranger s'élève à peine à 4% (graphique: Patrick Flückiger, swisstopo).

qu'elles sont étroitement imbriquées les unes dans les autres. Eschmann a calculé les triangles dans le sens horaire à partir de la base du Grand Marais, en progressant le long des frontières nord et est de la Suisse jusqu'à la liaison avec les réseaux autrichien et lombard, dans le but certainement de pouvoir rapidement évaluer la qualité de ces liaisons. La Suisse centrale et l'ouest du pays suivirent ensuite, les réseaux de l'Oberland bernois et du Valais courant dans les vallées étant calculés en dernier lieu. Ils sont reliés à ceux de la Suisse centrale dans la zone comprise entre les cols du Grimsel et de la Furka, où des tensions plus fortes apparaissent aussi.

Les côtés des triangles de la *Primordiale* ont une longueur moyenne de 28,3 km. Ils sont donc plus courts (de 15% environ) que ceux du réseau français qui atteignent 33,5 km. En revanche, le rapport entre le triangle le plus grand et le plus petit n'est que de 4,5 dans ce réseau, alors qu'il atteint 46, soit dix fois plus, dans la *Primordiale*. Si le réseau français est bâti de manière plus homogène, le canevas suisse dut s'adapter aux contraintes imposées par le relief alpin, sachant que les sommets les plus élevés du pays tels que la Pointe Dufour ou le Finsteraarhorn n'y étaient pas encore intégrés. La Commission géodésique suisse fut fondée en 1861. Elle vi-

Tab. 3: Comparaison de la *Triangulation primordiale* fédérale selon les *Résultats* d'Eschmann de 1840 (**fig. 22**) avec le sous-réseau Est de la *Nouvelle description géométrique de la France* publiée par Puissant en 1832 (**fig. 23**). On notera que ce sous-réseau ne représente qu'un sixième à un septième (estimation sommaire) du réseau entier. Toutes les indications angulaires ont été converties en ° pour faciliter les comparaisons.

La comparaison des deux réseaux	Triangulation primordiale selon les Résultats	Nouvelle description géométrique de la France
Unité angulaire	Degré (°, 360 degrés)	Grade (gon, 400 grades)
Unité de longueur	Pied de Paris	Mètre
Période d'exécution des mesures	~ 1810–1839	1804–1829
Constitution	Réseau complet (cf. fig. 14)	Modulaire (cf. fig. 20)
Enveloppe [en km²]	29'270, dont CH 28'234 (97%)	62'696, dont FR 54'326 (87%)
Nombre de points	80	112
Nombre de km² par point	366	560
Nombre de triangles	126	209
dont fermés	94 (75%)	203 (97%)
Surface Δ min. / max. [km²]	29	529
	1341	2359
Longueur des côtés des triangles (Ø, min., max.) [km]	28.26	33.51
	6.52	10.61
	71.77	96.29
Erreur angulaire moyenne dans un triangle fermé [°]	12.7	5.8
Erreur angulaire moyenne après la compensation [°]	13.9	6.5
Précision moyenne sur 100 km après la compensation globale	~1.0 – 1.5 m	~0.4 – 0.6 m



Fig. 23: Plan du sous-réseau Est français issu de la *Nouvelle description géométrique de la France* (cf. fig. 20), saisi pour les besoins de cette étude. Des couleurs différentes ont servi pour les sept sous-réseaux utilisés. Positionnement minimal du réseau sur les deux points Strasbourg et Saint-André (grands triangles noirs). Un centre séparé a été introduit pour les mesures les plus anciennes (méridienne de Strasbourg) concernant les points de la partie suisse de la crête principale du Jura (triangles rouges sur le plan) (graphique: Patrick Flückiger, swisstopo).

sait principalement à fournir la contribution de la Suisse à la mesure d'arc de méridien en Europe centrale. Le réseau bâti à cette fin reprenait certaines parties de la *Triangulation primordiale*, mais il fut entièrement remesuré. En outre, le franchissement des Alpes était mieux assuré et les triangles étaient tous fermés.⁶⁶ La triangulation nationale de premier ordre ne put être homogénéisée dans l'espace alpin qu'au début du 20^e siècle.⁶⁷ Pour pouvoir évaluer la précision atteinte par la combinaison de toutes les mesures, les deux réseaux ont fait l'objet d'un positionnement minimal sur deux points aussi diamétralement opposés qu'il est pos-

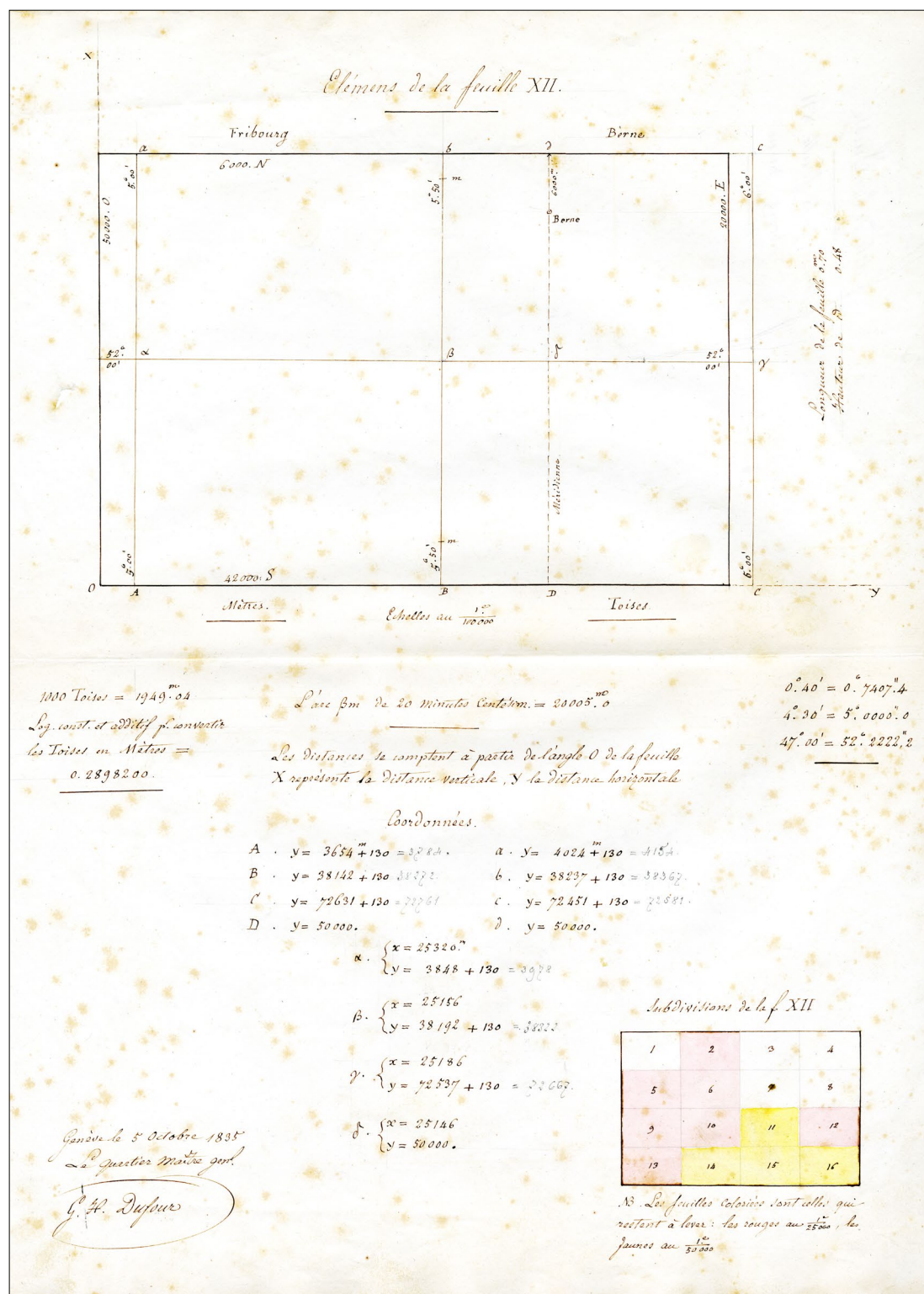
sible. À l'issue de la compensation, l'erreur moyenne sur un angle s'est établie à 6,5^{cc} dans le réseau français et à 13,9^{cc} dans la *Primordiale*. On peut donc affirmer, en simplifiant, que les Français ont mesuré les angles avec une précision deux fois plus élevée que les Suisses. Au vu de l'hétérogénéité du matériel sur lequel Eschmann fut contraint de s'appuyer, ce résultat semble même étonnamment bon. Si l'on analyse la précision de couples de points distants l'un de l'autre de 100 km à l'aide d'ellipses d'erreur moyenne relatives, elle est comprise entre 0,4 et 0,6 mètre dans le réseau français ce qui est étonnamment bon. Pour la *Primordiale*, ces valeurs sont com-

prises entre 0,9 et 1,2 mètre, ce qui équivaut certes au double, mais était amplement suffisant pour l'établissement de la Carte Dufour, étant entendu que cela correspond à environ 0,01 mm à l'échelle du 1:100 000.

En conclusion, il est légitime d'estimer que la *Triangulation primordiale* a constitué une base parfaitement suffisante pour la Carte Dufour, en dépit de toutes ses insuffisances. Sa publication sous la forme des *Résultats* suggérerait toutefois une homogénéité largement mise à mal par un examen plus poussé

des données. Les *Résultats* n'ont donc fait que reproduire l'impression laissée par la carte elle-même, celle d'une unité nationale derrière laquelle se cachent de fortes disparités cantonales. Si cette hétérogénéité est apparue au grand jour lors de la compensation globale réalisée et décrite ici, elle n'enlève rien au caractère exceptionnel du travail accompli par Eschmann, Dufour et les autres ingénieurs ayant participé à cette aventure scientifique. Leur œuvre a durablement marqué l'histoire de la mensuration nationale suisse.⁶⁸

Fig. 24: *Eléments de la feuille XII.* Calcul à la main des coins de la feuille XII *Freyburg Bern*, par Dufour le 5 octobre 1835 à Genève. En bas à droite, indication des feuilles restant à établir aux échelles du 1:25 000 (en rouge) et du 1:50 000 (en jaune) (swisstopo cartothèque).



Bibliographie

Berthaut, [Henri Marie Auguste]: *La Carte de France 1750–1898. Étude historique.* Paris, 1898/99 (2 volumes).

Cassini de Thury, [César François]: *Description géométrique de la France.* Paris, 1783.

Dufour, Guillaume-Henri: *Notice sur la carte de la Suisse dressée par l'état-major fédéral.* Dans: *Mémoires de la Société de Géographie de Genève* 2 (1861), p. 5–21.

Dufour, Guillaume-Henri: *Rapport final de M[onsieur] le général Dufour sur la carte fédérale de la Suisse (du 31 Décembre 1864).* Dans: *Feuille fédérale suisse* 17 (1865), volume 1, n° 10, p. 189–200.

Emery, Pauline; Ray, Jérôme; Ulrich, David: *GeoSuite: module TRANSINT, module REFRAME.* Manuel 10-f, swisstopo Géodésie, Wabern, 2013 (56 + XI pages).

[Eschmann, Johannes]: *Trigonometrisch bestimmte Höhen der Schweiz. Aus den Protokollen der Schweizerischen Triangulation ausgezogen.* Zurich, 1838.

Eschmann, J[ohannes]: *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz. Nach Befehl der Hohen Tagsatzung aus den Protokollen der eidgenössischen Triangulierung bearbeitet von J. Eschmann, Oberlieutenant beim eidgenössischen Oberstquartiermeisterstab.* Zurich, 1840.

Gautier, Alfred: *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz, etc. – Résultats des mesures trigonométriques exécutées en Suisse.* Dans: *Bibliothèque universelle de Genève, Nouvelle série*, 30 (1840), Genève/Paris, p. 136–162.

[Graf, Johann Heinrich]: *La topographie de la Suisse 1832–1864. Histoire de la Carte Dufour.* Berne, 1898.

Gubler, Erich: *Description du programme LTOP version 94.* Manuel 02-f, swisstopo Géodésie, Wabern, 2003.

Gubler, Erich: *150 Jahre Schweizerische Geodätische Kommission.* Dans: *Géomatique Suisse* 109 (2011), 6, p. 260–268.

Gugerli, David; Speich, Daniel: *Topografien der Nation. Politik, kartografische Ordnung und Landschaft im 19. Jahrhundert.* Zurich, 2002.

Hauser, H[ans]: *Die Entwicklung des Genie.* Dans: *Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift ASMZ* 151 (1985), n° 9, p. 7–10.

Hilfiker, J[akob]: *Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluss an den Meereshorizont.* Berne, 1902.

Hoefer, Jean Chrétien Ferdinand: *Nouvelle biographie générale.* 46 volumes, Paris, 1852–1866.

Jaun, Rudolf: *Das Eidgenössische Generalstabskorps 1804–1874. Eine kollektiv-biographische Studie.* Bâle et Francfort-sur-le-Main, 1983. [volume 3 de la série: *Der Schweizerische Generalstab*].

Jaun, Rudolf: *Das Schweizerische Generalstabskorps 1875–1945. Eine kollektiv-biographische Studie.* Bâle et Francfort-sur-le-Main, 1991. [volume 8 de la série: *Der Schweizerische Generalstab*].

Kobold, F[ritz]: *Von den Anfängen der schweizerischen Landesvermessung 1809–1840.* Dans: *Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural* 81 (1983), 9, p. 301–311.

Levallois, Jean Jacques: *Mesurer la terre. 300 ans de géodésie française. De la toise du Châtelet au satellite.* Paris, 1988.

Méchain, Pierre François André; Delambre, Jean Baptiste Joseph: *Base du système métrique décimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes.* 3 volumes, Paris, 1806–1810.

Meyer von Knonau, Gerold: *Literatur vor 1840.* Dans: *Archiv für schweizerische Geschichte* 1 (1843), p. 325–404.

Puissant, Louis: *Traité de géodésie.* 2 volumes, Paris, 1805.

Puissant, Louis: *Traité de topographie, d'arpentage et de nivellement.* 3 volumes, Paris, 1807–1810.

Puissant, Louis: *Nouvelle description géométrique de la France.* 3 volumes, Paris, 1832–1840.

Rickenbacher, Martin: *Die Basismessungen im Grossen Moos zwischen Walperswil und Sugiez.* Dans: *Cartographica Helvetica* 34 (2006), p. 3–15.

Rickenbacher, Martin: *Napoleons Karten der Schweiz. Landesvermessung als Machtfaktor 1798–1815.* Baden, 2011.

Ris, Friedrich: *Maass und Gewicht.* Dans: *Volkswirtschafts-Lexikon der Schweiz* 2, Berne, 1887, p. 363–401.

Schlatter, Andreas: *Das neue Landeshöhennetz der Schweiz LHN95.* [Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz; volume 72]. Zurich, 2007.

Schneider, Dieter; Gubler, Erich; Wiget, Adrian: *Meilensteine der Geschichte und Entwicklung der Schweizerischen Landesvermessung.* Dans: *Géomatique Suisse* 113 (2015), 11, p. 462–483.

Verdun, Andreas: *Die alte Sternwarte in Bern (1812–1876): Der Koordinaten-Ursprung der schweizerischen Landesvermessung.* Dans: *Cartographica Helvetica* 29 (2004), p. 35–42.

Wolf, Rudolf: *Johannes Eschmann.* Dans: *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz* 2 (1859), p. 435–451.

Wolf, Rudolf: *Geschichte der Vermessungen in der Schweiz.* Zurich, 1879.

Zölly, Hans: *Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz.* Wabern, 1948.

Notes

- 1 Eschmann (1840), p. VII–XVI; Gautier (1840), p. 136–141; Wolf (1879), p. 214–259; Graf (1896), p. 42–139; Zölly (1948), p. 42–65; Kobold (1983); Gugerli/Speich (2002); Schneider et al (2015), S. 464s.
- 2 AFS E27/22643, volume 1. Dufour à Pestalozzi, 8.11.1832, cité par Graf (1898), p. 32.
- 3 Dufour (1861), p. 5.
- 4 Graf (1898), p. 35s. La commission s'est réunie pour la première fois du 4 au 9 juin 1832, avant la nomination de Dufour, sous la direction de son prédécesseur Johann Ludwig Wursterberger (1783–1862), qui quitta toutefois ses fonctions peu de temps après.
- 5 AFS E27/22643, volume 1, Dufour à Eschmann, 7.4.1833, cité par Graf (1898), p. 39.
- 6 Wolf (1859), p. 437–439.
- 7 AFS E27/22643, volume 1, Dufour à Buchwalder, 14.3.1834, cité par Graf (1898), p. 40.
- 8 Rickenbacher (2006), p. 10–12.
- 9 Graf (1898), p. 92.
- 10 Wolf (1879), p. 232–237.
- 11 Finsler à Horner, 10.11.1832, cité par Wolf (1879), p. 244, note 3.
- 12 AFS E27/22643, volume 4, Dufour à Eschmann, 24.12.1838.
- 13 AFS E27/22643, volume 4, Dufour à Eschmann, 24.12.1838.
- 14 Selon Gugerli/Speich (2002), p. 138, un tel plan de réseau fut transmis aux cantons dès 1837.
- 15 Verdun (2004); Zölly (1948), p. 55.
- 16 AFS E27/22642, volume 3, Eschmann à Dufour, 2.1.1838.
- 17 Puissant (1832).
- 18 AFS E27/22643, volume 4, Dufour à Eschmann, 7.9.1838.
- 19 Eschmann (1838).
- 20 AFS E27/22642, volume 3, Eschmann à Dufour, 1.11.1839.
- 21 Schlatter (2007), p. 53–55.
- 22 1610,54 m. Puissant (1832), p. 408.
- 23 1608,6 m. Puissant (1832), p. 526.
- 24 Eschmann (1840), p. 91f. Pour des développements détaillés à propos de la détermination de l'horizon altimétrique, cf. Schlatter (2007), p. 52–58.

- 25 Eschmann (1840). On l'appelle aujourd'hui «CH1840», par analogie avec les systèmes de référence plus récents: www.swisstopo.ch > Connaissances et faits > Mensuration/Géodésie > Systèmes de référence > Systèmes de référence historiques (citation du 9.1.2017).
- 26 Gautier (1840).
- 27 Gautier (1840), p. 136.
- 28 Gautier (1840), p. 161s.
- 29 AFS, E27/22642, volume 4, 16.1.1841.
- 30 Delcros à Trechsel, 12.6.1841, cité par Wolf (1879), p. 258s (note 2).
- 31 *Für den Freund der Länderkunde sind das Verzeichniss der geographischen Oerter sämtlicher Vermessungspunkte, die astronomischen Beobachtungen und die Höhenbestimmungen der interessantesten Theil des Buches, das noch mehr Werth haben würde, wenn nicht eine Menge von Druckfehlern sich eingeschlichen hätte, die man umsonst am Schlusse des Werkes verbessert sucht.* Meyer von Knonau (1843), p. 329.
- 32 AFS, E27/20898. Ces corrections ne concernent cependant pas les observations originales. Elles se rapportent à l'utilisation en double de triangles, d'un azimut qui n'est pas le bon ou à des résultats de calculs erronés (pour des longueurs de côtés ou des logarithmes).
- 33 *Das ganze Werk ist so reich an Thatsachen, Rechnungsresultaten und einschlagenden Untersuchungen und Bemerkungen, dass es für alle Zeiten von Werth bleiben und ein höchst ehrenvolles Denkmal für s[einen] Verfasser bilden wird, der sich dadurch, auch abgesehen davon dass ein grosser Theil der Arbeit auf eigenen Erhebungen beruht, für welche er wiederholt Gesundheit und Leben in die Schanze schlug, entschieden um s[ein] Vaterland und die Wissenschaft verdient gemacht hat.* Wolf (1879), p. 259.
- 34 *Es ist hier leider aufmerksam zu machen, daß das Werk außerordentlich viele Druckfehler aufweist; vor Verwendung des Werkes sollte das Korrektur-Exemplar der Eidg. Landestopographie konsultiert werden.* Zölly (1948), p. 57, note 36. Par l'exemplaire corrigé du Service topographique fédéral, on entend les «Correcturen zu Eschmann's Ergebnissen durch Ingr. Bétemps» (cf. note 32).
- 35 Gubler (2003).
- 36 Eschmann (1840), p. 67–86.
- 37 C'est la quantité dont la somme des angles intérieurs d'un triangle sphérique dépasse 180°. Elle est proportionnelle à la surface du triangle.
- 38 Eschmann a formé la somme des trois angles pour chaque triangle et a soustrait l'excès sphérique à ce total. L'écart par rapport à 180° de la valeur restante est l'erreur de fermeture du triangle.
- 39 Cette conversion de format a été réalisée en recourant au langage de script awk en utilisant le programme gawk.exe.
- 40 Les fichiers d'entrée et les résultats des calculs sont publiés sous <http://www.kartengeschichte.ch/ch/54/>.
- 41 Même après une analyse poussée des valeurs publiées («Winkel der Triangulation erster Ordnung», Eschmann [1840], p. 6–41), des incertitudes demeurent concernant les mesures effectivement utilisées dans le réseau de triangles («Dreiecksnetz der ersten Ordnung», p. 67–86) et la fiabilité de l'indication des «g».
- 42 Eschmann (1840), p. 84, triangle n° 100.
- 43 Eschmann (1840), p. 41, angle n° 287 comme somme de 284 + 285 – 286.
- 44 Graf (1898), p. 39s.
- 45 AFS, E27 / 20897 contient bien un manuscrit relatif aux *Opérations astronomiques et trigonométriques pour la carte de Suisse faites sous les ordres de Monsieur Dufour Quartier-Maitre Général de la Confédération par J. Eschmann, lieut. du génie fédéral*, mais il est incomplet par rapport à la version imprimée dont il s'écarte du reste grandement.
- 46 Puissant (1832).
- 47 Hoefer, volume 41 (1852), p. 188s.
- 48 Puissant (1805).
- 49 Puissant (1807–1810).
- 50 Cassini de Thury (1783).
- 51 Concernant la *Carte de France*, notamment sa partie frontalière de la Suisse, cf. Rickenbacher (2011), p. 36–41.
- 52 Levallois (1988), p. 91; Berthaut 1 (1898), p. 186s.
- 53 Levallois (1988), p. 97.
- 54 Méchain/Delambre (1806–1810).
- 55 Levallois (1988), p. 93.
- 56 Rickenbacher (2011), p. 176–185.
- 57 Puissant (1832), p. 174.
- 58 Les coordonnées géographiques ont été converties en coordonnées nationales MN03 (CH1903) à l'aide du logiciel de transformation REFRAME disponible en ligne.
- 59 Levallois (1988), p. 97. Le calcul du sous-réseau Est décrit ici requiert environ 0,8 seconde avec un ordinateur actuel courant.
- 60 Emery/Ray/Ulrich (2013).
- 61 Méchain/Delambre (1806–1810).
- 62 Ris (1887), p. 363–366.
- 63 Wolf (1879), p. 240s.
- 64 Graf (1898), p. 21.
- 65 Eschmann (1840), p. 63–66.
- 66 Gubler (2011), p. 260–268.
- 67 Zölly (1948), p. 115, figure 91.
- 68 Schneider et al. (2015), Frise chronologique, p. 472s. Concernant l'histoire de la mensuration nationale suisse cf. «e-expo Mensuration nationale suisse» sous www.history-of-geodesy.ch.

Adresses des auteurs

Martin Rickenbacher
Dr. phil. I, Ing. dipl. EPF
Office fédéral de
topographie swisstopo
Seftigenstrasse 264
CH-3084 Wabern
martin.rickenbacher@swisstopo.ch

Erich Gubler
Dr. h.c., Ing. dipl. EPF
Flugplatzstrasse 19B
3122 Kehrsatz
erich_gubler@bluewin.ch