



FESTIVAL
INTERNATIONAL
DE GÉOGRAPHIE
de Saint-Dié-des-Vosges

35^e édition

4, 5 & 6 oct.
2024

TERRITOIRE INVITÉ
LES ALPES

terres

Cartes en relief :
L'impression à la demande, c'est désormais possible ?



IGN

INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE



Cartes en relief : L'impression à la demande, c'est désormais possible ?

François LECORDIX

Chef de projet innovation IGNfab (IGN)
Secrétaire Général du Comité Français de Cartographie

Technique de production des cartes en relief : thermoformage

inventé juste après la 2^{ème} Guerre mondiale

(Méthode américaine : Carton alvéolé ; Méthode allemande : Wenschow)



Pas de modification significative depuis 80 ans



Solution onéreuse pour produire 1 seul exemplaire !

Fabrication additive (Impression 3D) pour l'industrie (1984)

- A l'opposée du fraisage (suppression de matière)
- Beaucoup de nouvelles solutions depuis 1984
 - ✓ *Photopolymérisation de résine*
 - ✓ *Dépôt de matière en fusion*
 - ✓ *Projection de poudre*
 - ✓ *Laminage de feuilles*
 - ✓ ...
- Hybridation de ces différentes solutions possibles
- Certaines solutions utilisées par le grand public

Pour le grand public :

« Impression 3D pour les cartes en relief est possible »

De nombreuses demandes d'achat à l'IGN

Claude Barlier
Alain Bernard



FABRICATION ADDITIVE

Du Prototypage Rapide
à l'impression 3D

2^e ÉDITION

DUNOD

Fabrication additive (impression 3D) pour la cartographie ?

Limitations de la fabrication additive pour les cartes en relief :

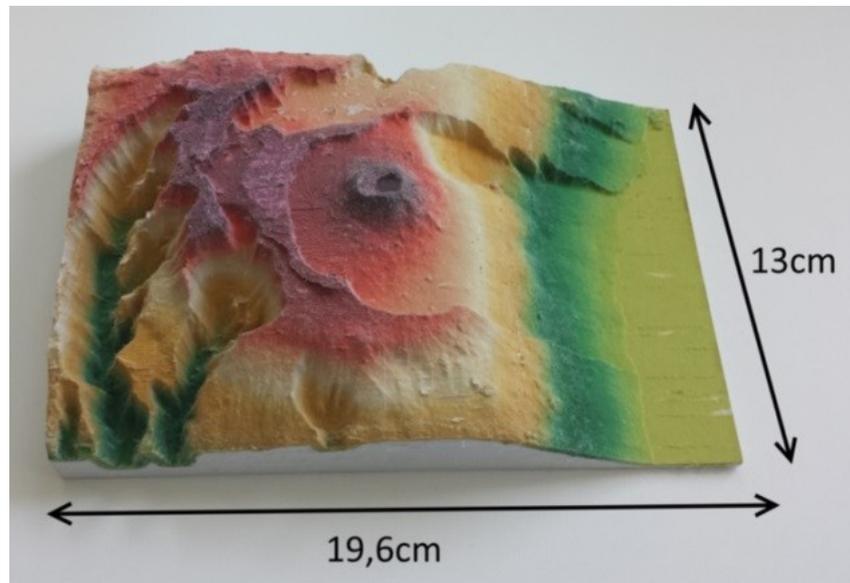
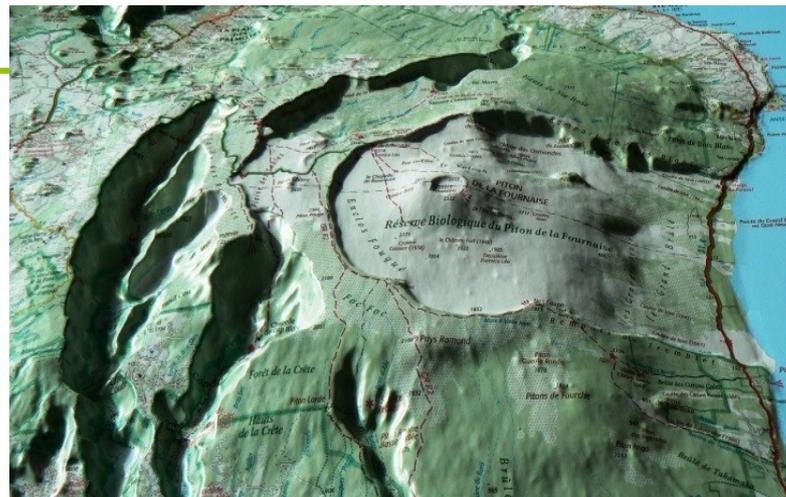
- Taille insuffisante (taille minimum de 1 m par 1 m souhaitable)
- Résolution d'impression insuffisante pour les lettres notamment (400 dpi minimum)
- Diversité de couleur insuffisante
- Robustesse et qualité insuffisantes avec les solutions utilisant un assemblage de feuilles colorées
- etc.



Pas de solution pour l'impression en relief à la demande avec la fabrication additive

Premiers essais à l'IGN

- Thermoformage sur La Réunion
- Essai par laminage de feuilles
(Stage mars 2014 : Sébastien Brice)
- Divers essais avec différentes techniques 3D
- Contact d'IGNfab par OCE (groupe Canon) en 2014



Solution d'OCE (Canon Group)

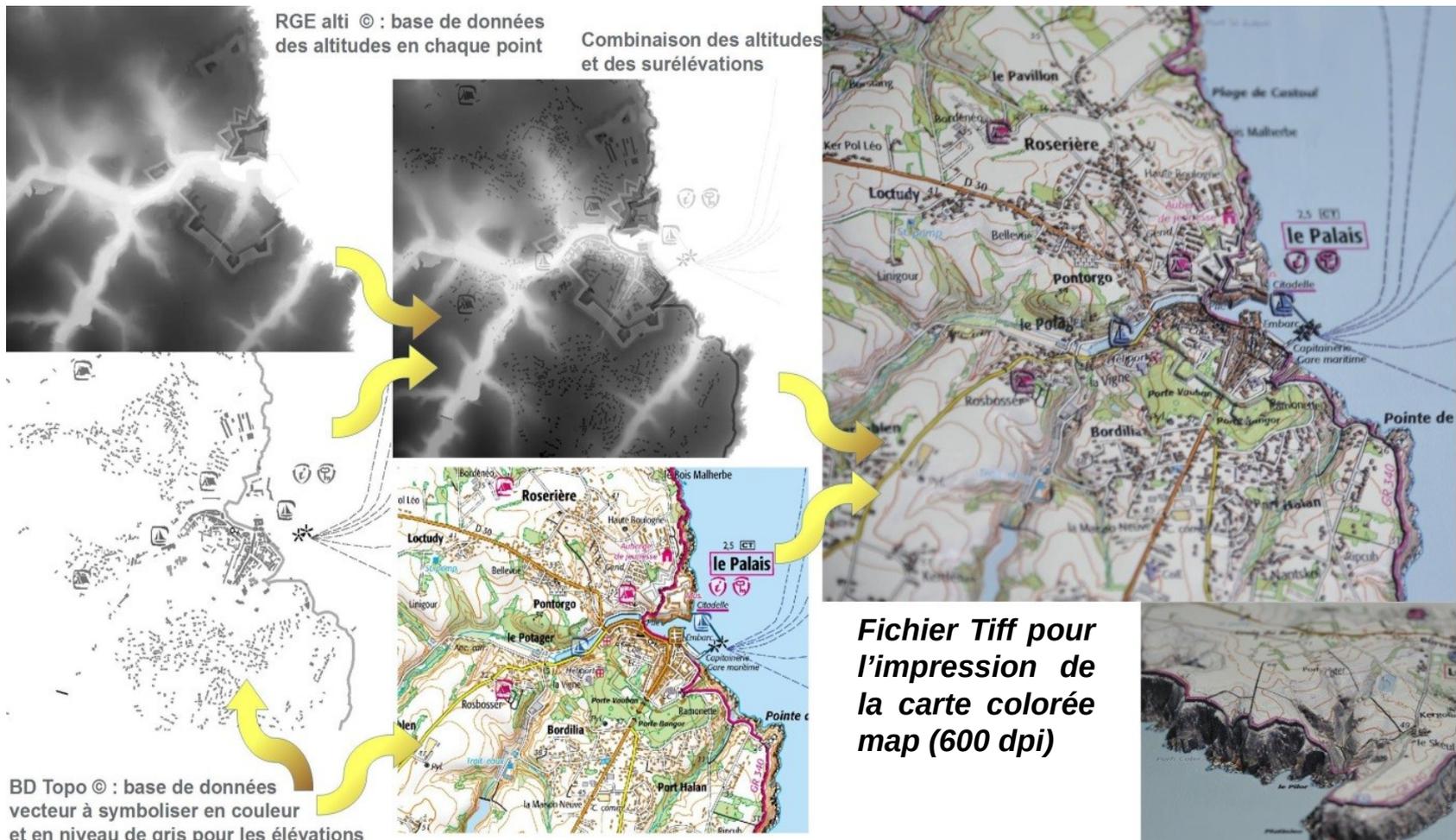
- **Projet Eiger (2014) : Impression en « 2,5 D » (sur un support)**
 - ✓ Imprimante jet d'encre, par projection d'encre liquide sur le support 2D, avec une petite élévation, pour obtenir progressivement la 3D (le relief)
 - ✓ Utilisé par OCE pour :
 - ✓ *Petits objets : magnets, coques de téléphone, signalétique, ...*
 - ✓ *Marché de l'art : reproduction de tableau avec les coups de pinceaux des artistes*
 - ✓ **Éléments intéressants pour la cartographie**
 - ✓ *Grand format : jusqu'à 3 m²*
 - ✓ *Grande résolution : 4500 dpi horizontalement, 1800 dpi verticalement*
 - ✓ *Respect colorimétrique (possibilité d'utiliser des profils colorimétriques ICC)*
 - ✓ *Résistance aux impacts*
 - ✓ *Résistance à l'eau et aux UV*
 - ✓ *Élévation significative (mais limitée : 2 (à 3) cm de haut)*



Tests pour la cartographie

Cf. impression La Réunion et Albi

Préparation des données cartographiques pour l'impression 2.5D (IGN, 2014)

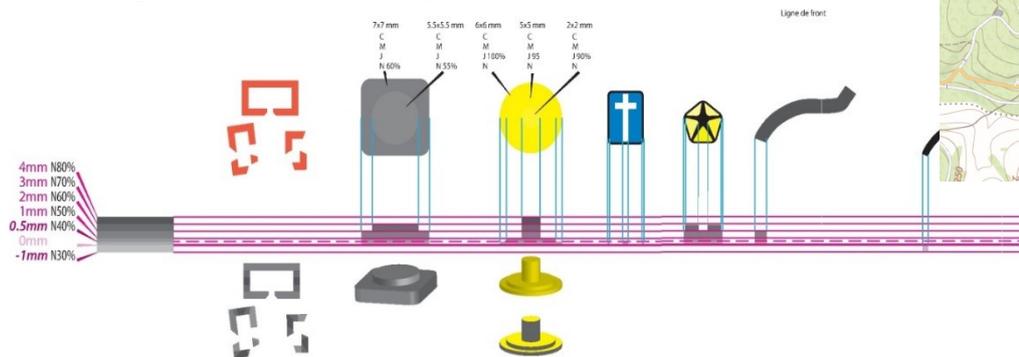


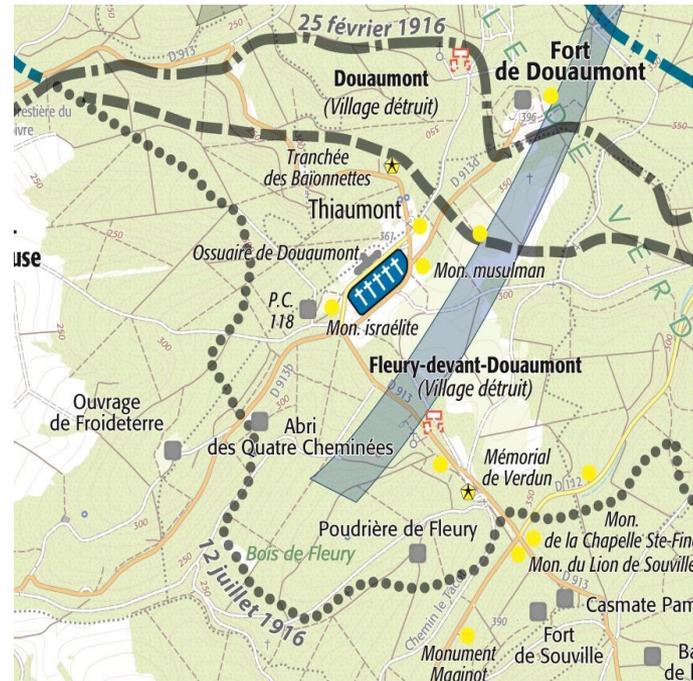
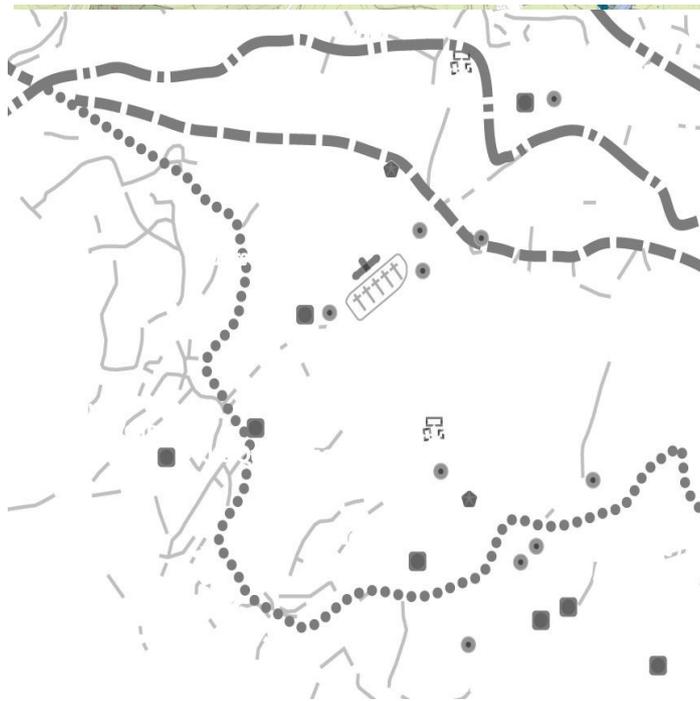
Lecordix, F. 2016. Nouvelle dimension pour la sémiologie graphique.

Dans: revue du CFC *Cartes & Géomatique*, Saint-Mandé, France, vol. 229-230, pp. 105-115.

Nouvelle sémiologie graphique en 2,5D pour le Centenaire de la Bataille de Verdun

- Conception par Philippe De Valence
- Ecritures : pas de surélévation
- Lignes de front : surélévation
- Tranchées : sousélévation
- Monuments (mémorial, vestiges militaires) : passage en 3D
- Villages : nouveau symbole continu en 3D





Deux cartes produites par l'IGN



Belle-Île (2014)

80 cm x 90 cm

(Deuxième prix à l'exposition internationale de cartographie de l'ICC (2015, Rio))

Centenaire de la bataille de Verdun (2016)

105 cm x 135 cm



Problèmes avec cette solution

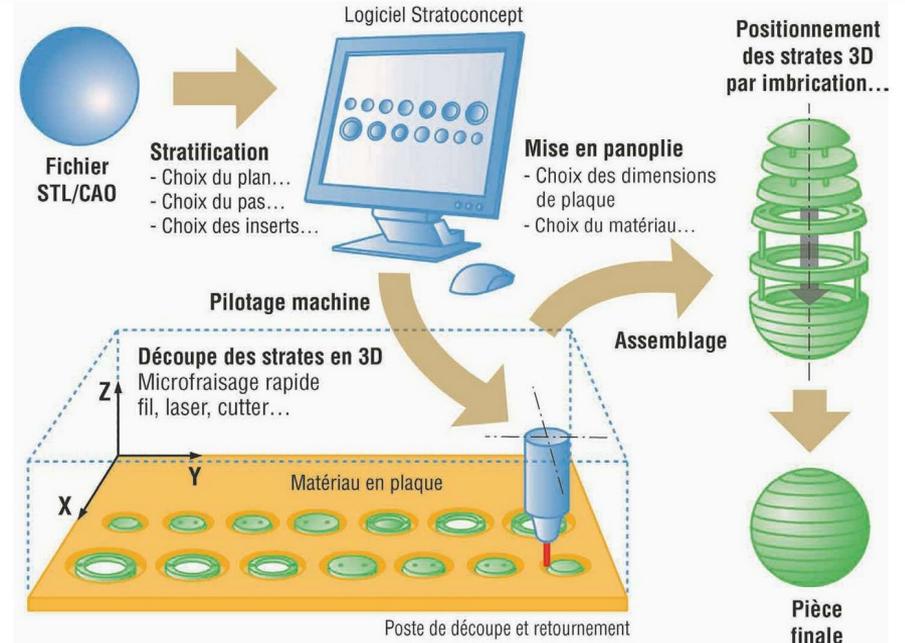
- Un peu cher pour le grand public (Le coût dépend du temps d'impression, qui dépend de l'élévation)
- Limitation dans l'élévation : moins de 3 cm
- et en 2017:
 - ✓ *Fin du projet EIGER*
 - ✓ *Fin de la compagnie OCE (fermé par Canon)*
 - ✓ *Fin de l'histoire*
 - ✓ *Fin de la présentation*
- MAIS :
 - ✓ *En 2019, 2 ingénieurs français d'Océ créent une startup en reprenant leur technologie*
 - ✓ *Travail sur la réduction des temps d'impression*

Mais comment augmenter la hauteur pour la cartographie ?

Stratoconception® proposée par Pr. Barlier (Brevet industriel de CIRTES)



- Salon de l'Education Educatec (Paris, 2021) : Tête de chien en carton



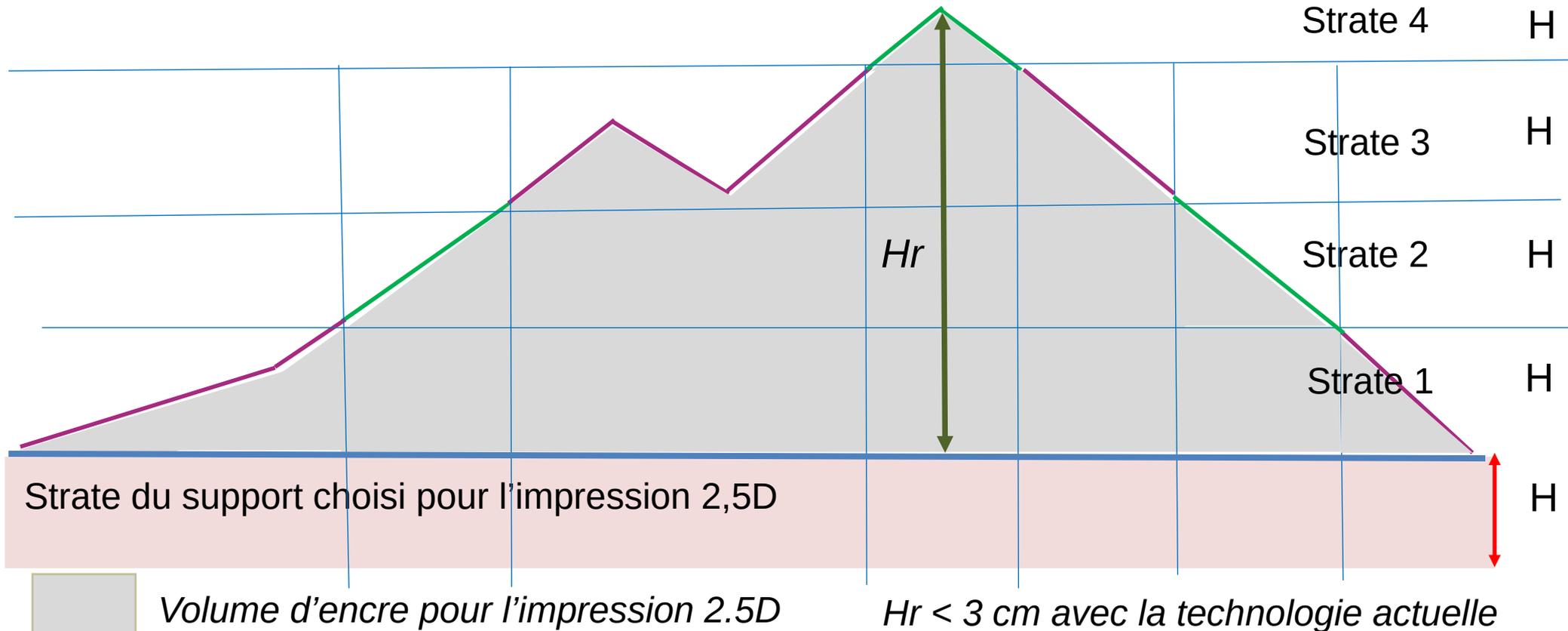
Logiciels, marques et brevets déposés - Claude Barlier - CIRTES - France - Stratoconception®, Stratoconcept®, Strat®, Pack&Strat®.

Figure 5.39 Schéma de principe de Stratoconception® (Source : CIRTES)

➔ **Stratoconception cartographique : hybridation de la Stratoconception et de l'impression 2.5D**

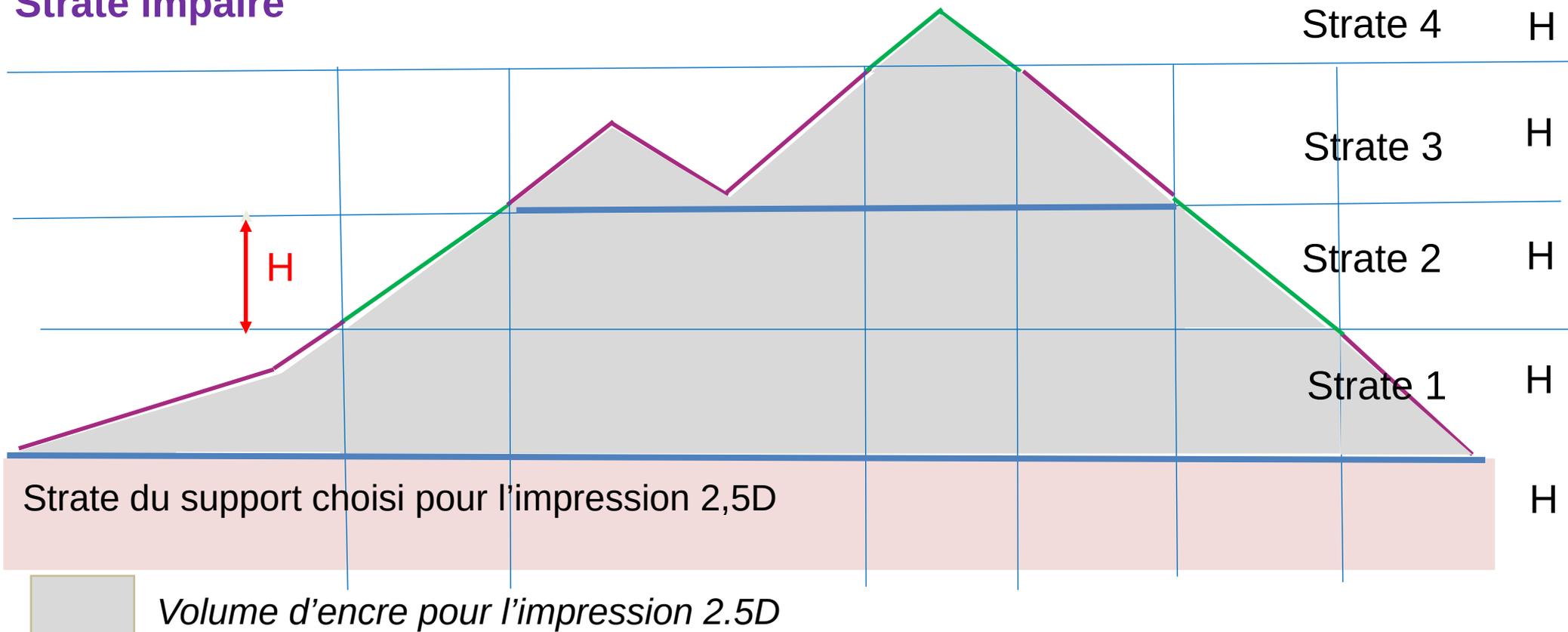
Stratoconception cartographique (par F. Lecordix)

Section de la carte en relief à imprimer



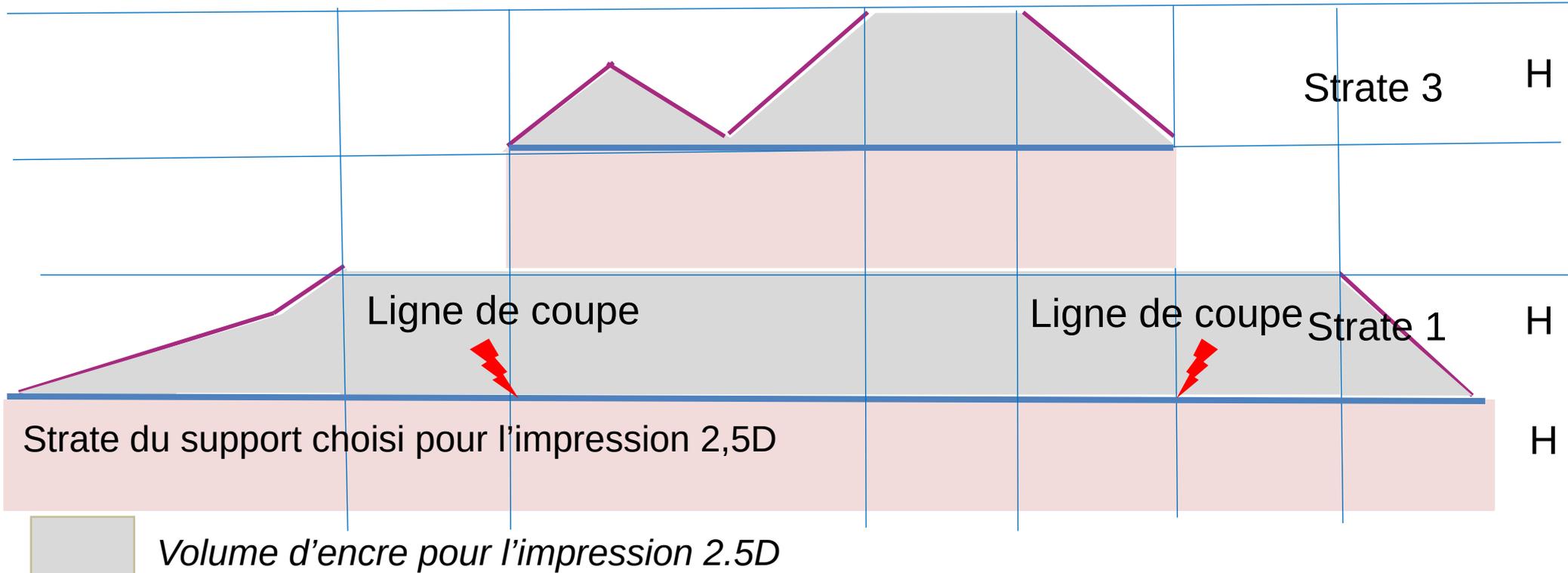
Stratoconception cartographique

Strate impaire



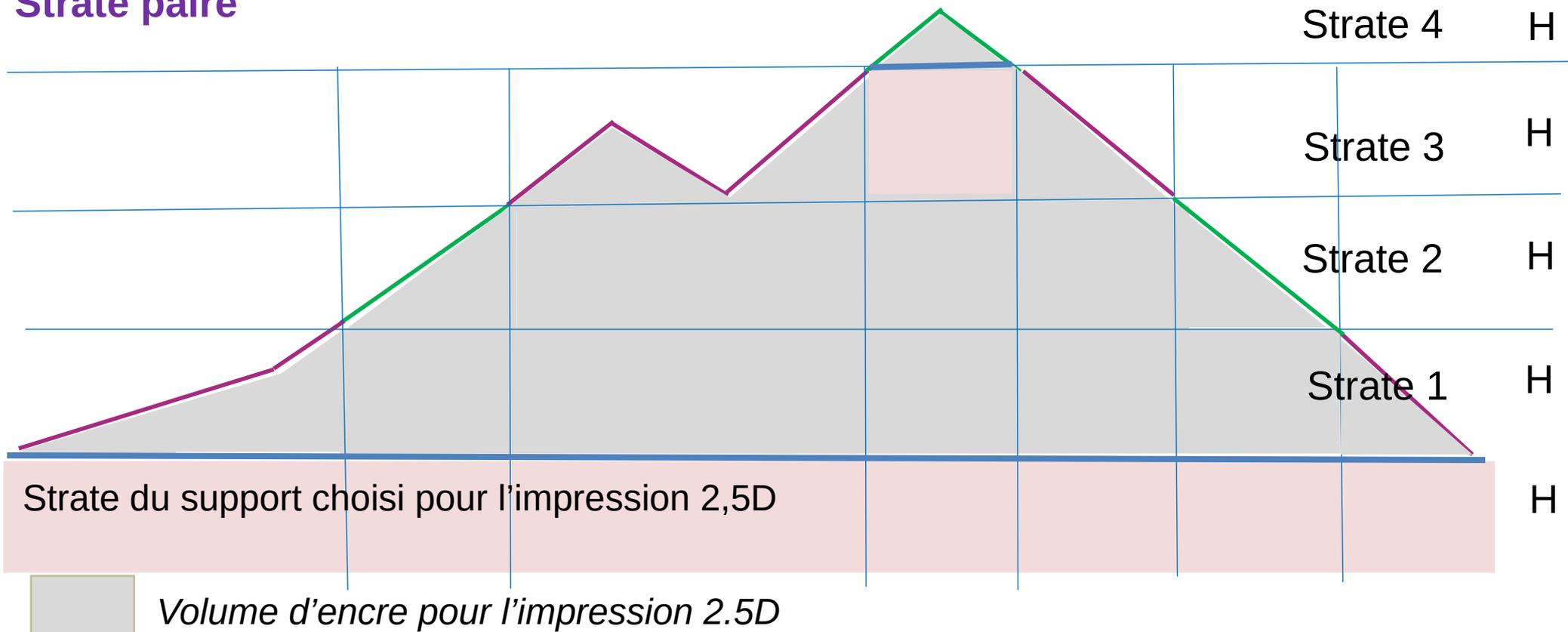
Stratoconception cartographique

Strate impaire



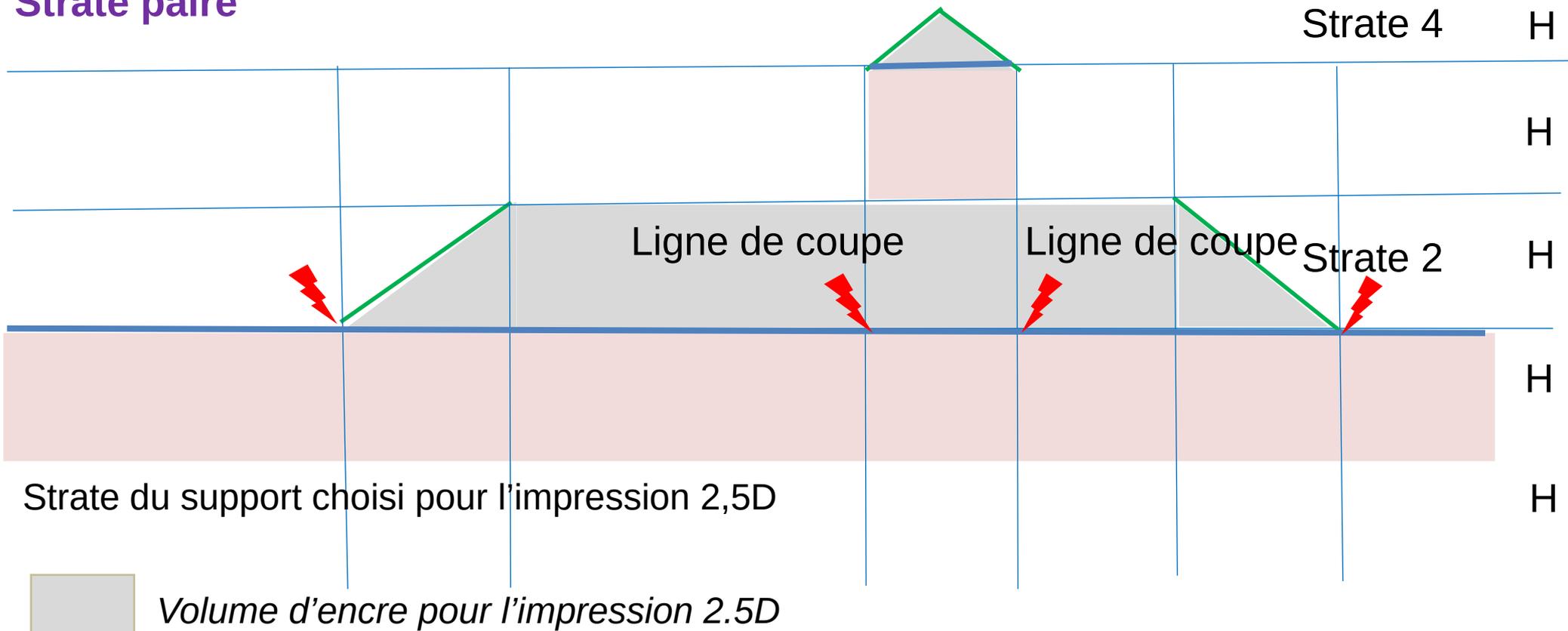
Stratoconception cartographique

Strate paire

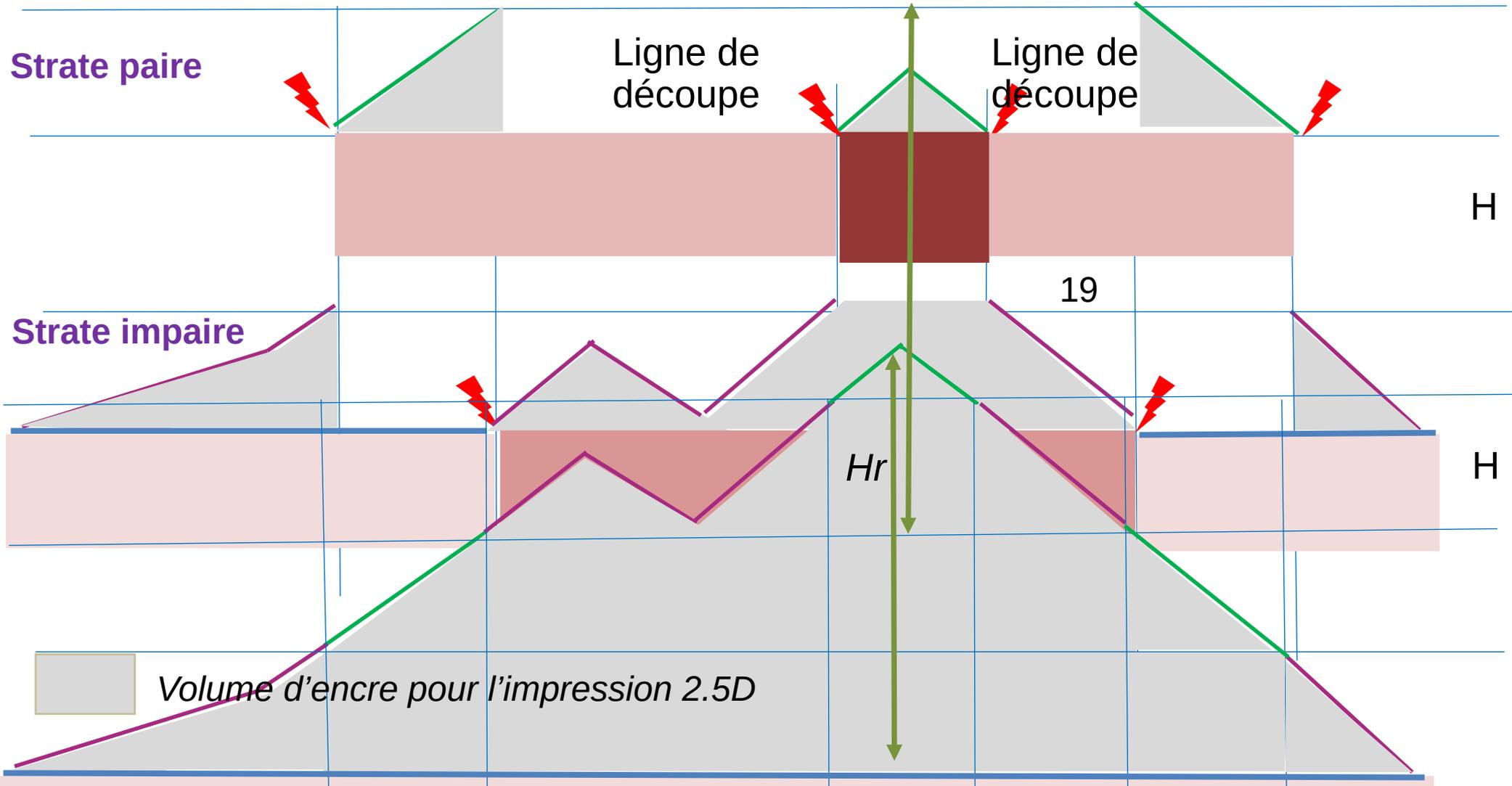


Stratoconception cartographique

Strate paire

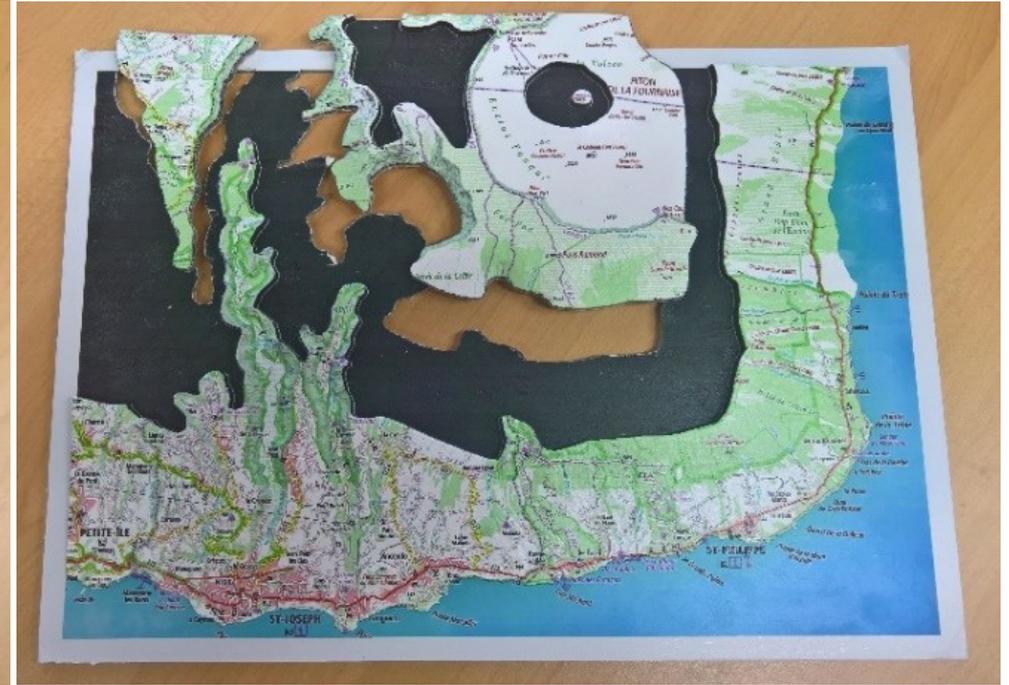


Stratoconception cartographique



Preuve de concept

- Découpe avant impression



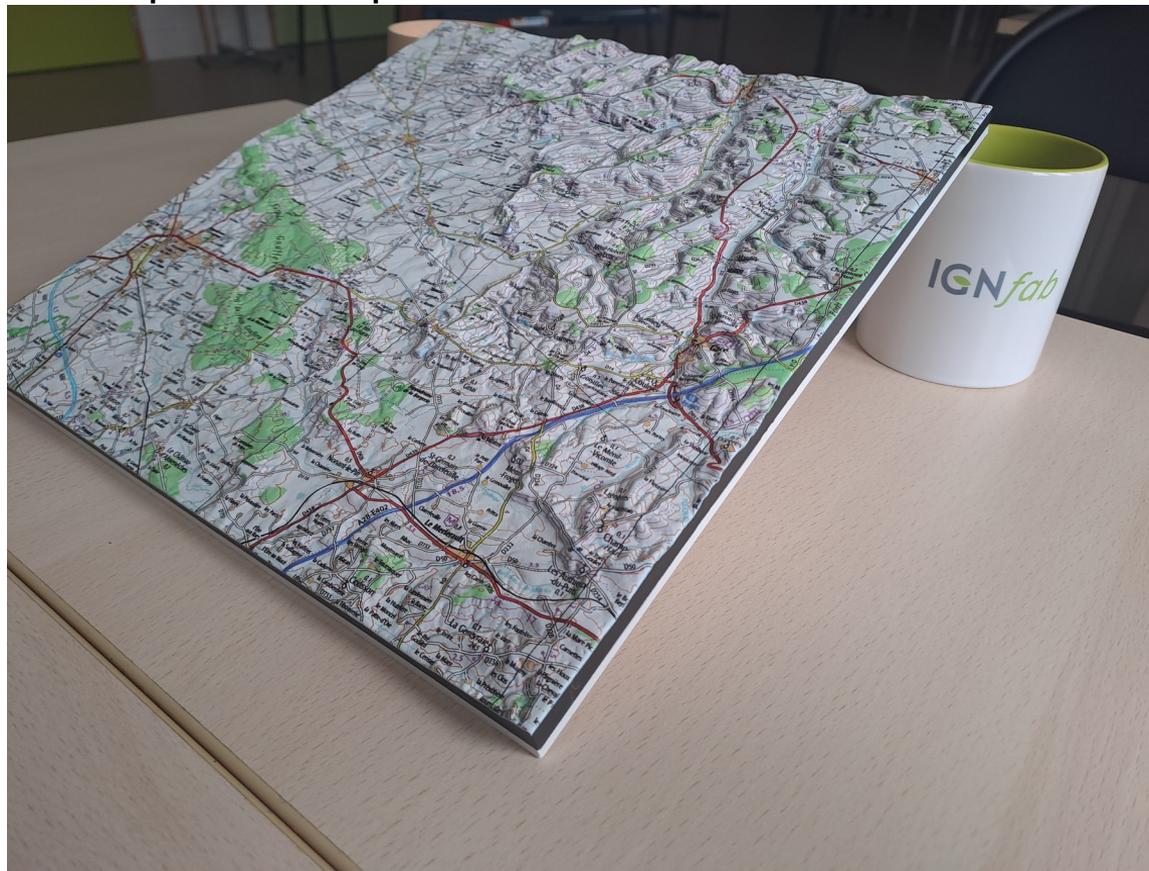
Preuve de concept



- Premier prototype à faire
- Discussions avec IGN pour industrialiser : hors du modèle économique IGN actuel
- Poursuite via le Comité Français de Cartographie pour valorisation de la cartographie française

1^{ère} carte au 1 : 100 000 vendue

30 cm par 30 cm par 1 cm



Cadeau familial pour un particulier :
*« La carte est magnifique ,
tout s'éclaire pour les futures
randonnées et sorties vélo.
C'est aussi très impressionnant
comment la Poche de Falaise
Chambois devient perceptible en 3D.
Je suis ravi et vais bien en profiter. »*

**1^{ère} commune de France
avec sa carte en relief :
Montmorillon au 1: 30 000**

36 cm par 36 cm par 1 cm

Futur prévisible : “TouchTerrain” web application en couleur

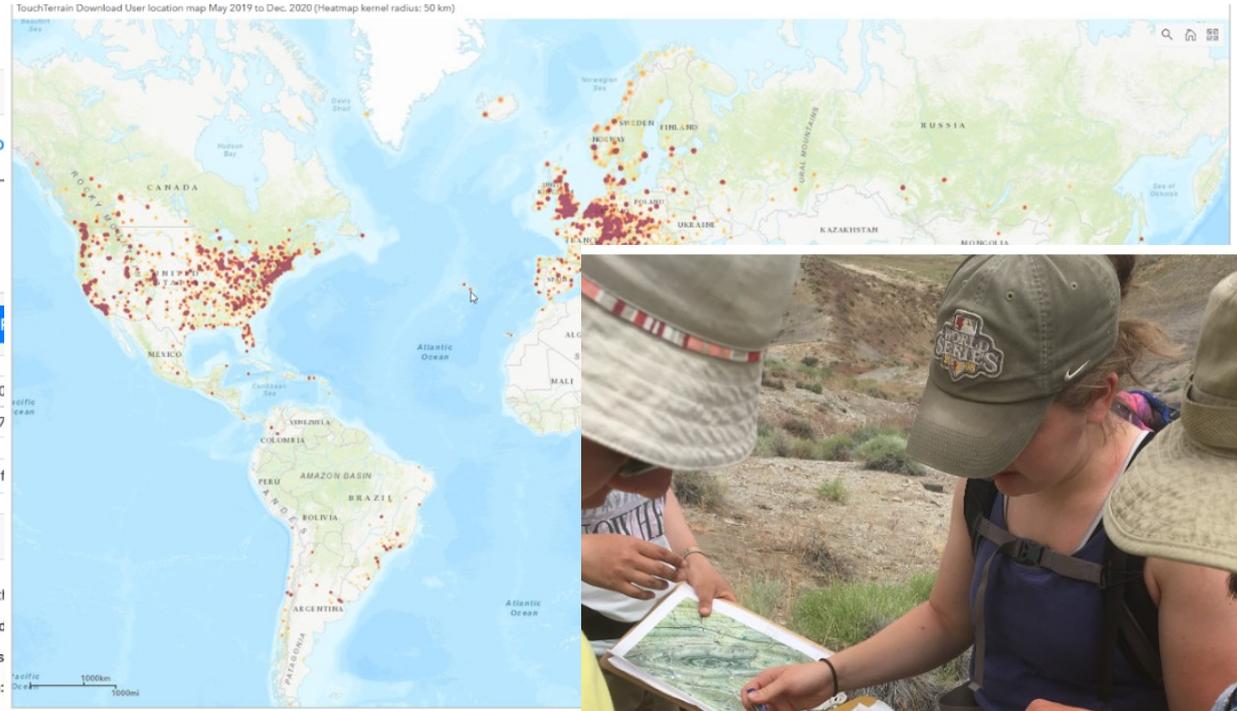
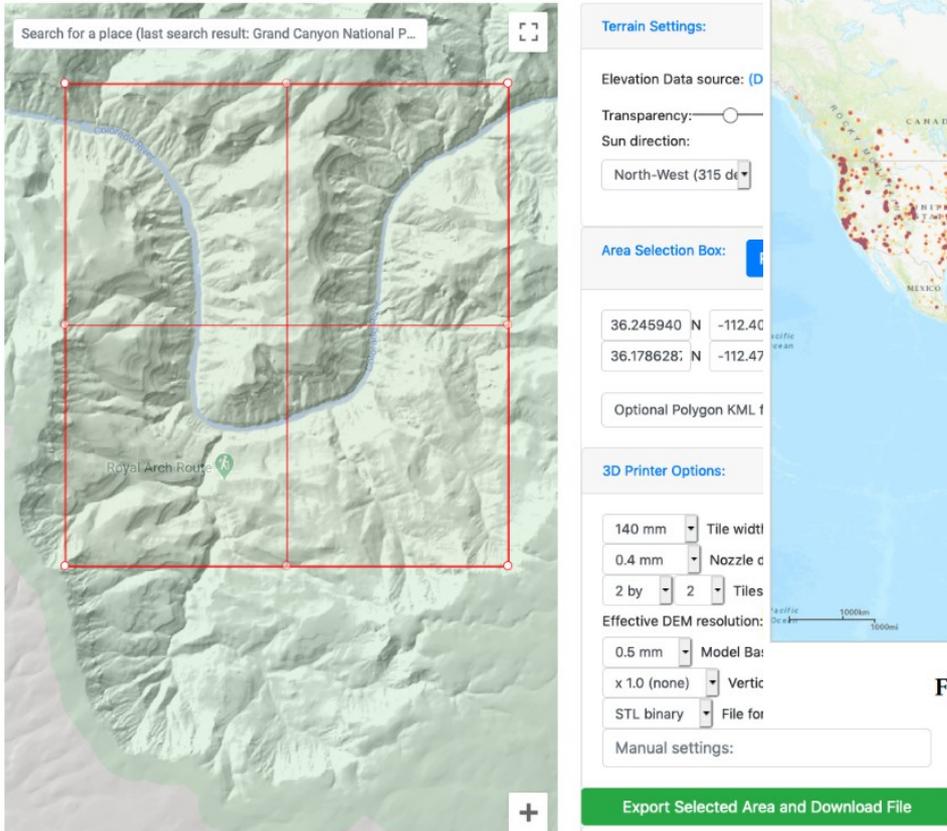


Figure 9. Map of TouchTerrain user locations



Figure 2. TouchTerrain Web Application with Google Maps Window at left and Terrain Settings, Area Selection Box and 3D Printer Options on the right.



Cartes en relief :
L'impression à la demande,
c'est **bien** désormais possible !

François LECORDIX

francois.lecordix@ign.fr

francois.lecordix@lecfc.fr

