

Èkphrasis&Conservazione. Fenomenologia algoritmico-generativa della *craquelure* di dipinti su tela

Emanuela Lanzara
Anna Chiara Malgieri
Patrizia Irena Somma
Annadele Aprile

Abstract

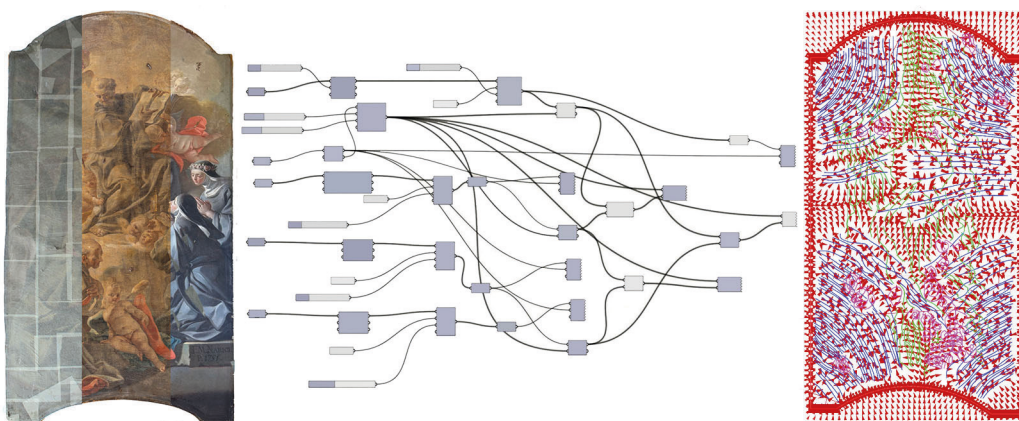
Il presente lavoro è finalizzato a esplicitare e prefigurare la fenomenologia fisica della *craquelure* o crettatura di dipinti su tela. L'approccio parametrico-generativo VPL consente la traduzione grafico-vettoriale semi automatica dell'evoluzione dello stato di conservazione di un manufatto, con specifico riferimento al fenomeno della crettatura, al fine di pianificare adeguate strategie di conservazione e manutenzione preventiva. L'approccio *nD* proposto è finalizzato a narrare/descrivere, mediante approccio/linguaggio algoritmico, la manifestazione/trasformazione fisica delle forme o *pattern* caratterizzanti il complesso sistema di *craquelure* rilevato sull'opera (reazioni) in risposta alla simulazione grafico-vettoriale delle cause/sollecitazioni (azioni) agenti.

In accordo con un approccio di tipo empirico, e data l'attuale mancanza di un idoneo set di campioni di riferimento da interpretare e confrontare, la letteratura scientifica consultata ha supportato lo sviluppo di procedure e strumenti algoritmici definiti e testati per la segmentazione e classificazione dei pattern di crettatura registrati in corrispondenza delle diverse fasi del fenomeno (analisi fenomenologica) e aree del dipinto. Il principale obiettivo futuro è potenziare l'approccio ai fini predittivi mediante implementazione AI.

Parole chiave

VPL, *craquelure*, campi vettoriali, manutenzione preventiva, analisi predittiva.

Fenomenologia della
Craquelure di un dipinto
olio su tela: descrizione,
narrazione e traduzione
grafico-vettoriale VPL
(algoritmo di A.C. Malgieri;
composizione di E.
Lanzara).



"purely verbal or mathematical descriptions of crack patterns are almost impossible."

Boers 1959

Introduzione

L'*èkphrasis*, luogo di incontro tra media sensoriali [Olson 2020], descrive e traduce fenomeni ed esperienze mediante codici interdisciplinari. Le aree in cui l'analisi e interpretazione automatizzata di dati sono implementate nel dominio delle Scienze del Patrimonio Culturale sono numerose: a confine tra ambito umanistico e scientifico, la ricerca sul fenomeno delle *craquelure* rappresenta una delle sfide più accattivanti. L'obiettivo è elaborare algoritmi in grado di tradurre tale fenomenologia [Bury, Bratasz 2024; Zabari 2021; Jamalabadi et al. 2021; Sidorov, Hardeberg 2019], al fine di ottimizzare le attività di tutela (monitoraggio, conservazione preventiva, analisi predittiva) delle opere d'arte soggette a tale fenomeno. In accordo con tali premesse, il contributo propone un algoritmo VPL finalizzato a simulare la fenomenologia della *craquelure* in forma grafico-vettoriale.

Lo *European Illustrated Glossary for Conservation Terms of Wall Painting and Architectonic Surfaces* [Weyer et al. 2015] definisce la *craquelure* "una rete di sottili fratture minori specifiche di strati pittorici". Alterazione naturale del dipinto, il fenomeno può arricchire l'esperienza percettiva dell'osservatore causando, tuttavia, progressivo deterioramento e perdita di materiale. I differenti coefficienti di dilatazione ed elasticità di supporto, preparazione e film pittorico, determinano meccanismi di contrazione e conseguente formazione di microfratture negli strati pittorici, dovuti a essiccamento e invecchiamento. Dal punto di vista geometrico-configurativo, le crettature presentano un andamento il cui *pattern* dipende da supporto e tecnica pittorica: su tavola, reticoli paralleli o perpendicolari alle fibre del legno; su tela, elementi circolari/spiraliformi, in base alla trama [Paolini 2024]. Direzione del reticolo contorni delle crepe, dimensione e forma delle isole consentono di elaborare ipotesi su luogo d'origine, datazione e autenticità di un'opera [Bury, Bratasz 2024; Bukclow 1996] (fig. 1). L'approccio è, dunque, finalizzato a interpretare/esplicitare la genesi e lo sviluppo di elementi caratterizzanti il manufatto, fondamentali per descriverne/documentarne l'evoluzione dello stato di conservazione. L'obiettivo è dimostrare che sistemi reali e modelli ideali interpretativi/esemplificativi, nella loro mutua espressione, possano essere considerate forme di *èkphrasis*.

Èkphrasis&Fisica: 'l'immaginazione scientifica' tra fluidità e flessibilità rappresentativa

In fisica, le intuizioni visive supportano la comprensione di idee astratte: nell'*Almagesto* e nelle *Harmonica*, Claudio Tolomeo adotta una modalità ecfrastica persuasiva per stimolare nel lettore la capacità di figurare vivide descrizioni di esperimenti immaginari [Roby 2013]; ne *L'immaginazione scientifica* [1983], Holton presenta una raccolta di momenti in cui lo scienziato elabora concetti, seppure in mancanza di basi empiriche.

Parole, immagini, modelli rivelano meccanismi impliciti alla base della genesi e del funzionamento di manifestazioni esplicite.

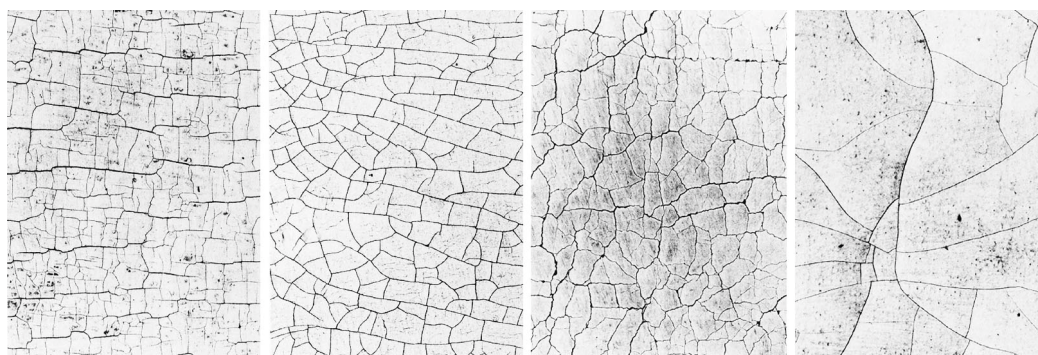


Fig. 1. *Craquelure* tipiche per luogo e datazione [Bukclow 1996]: da sinistra, pittura su tavola italiana antica; pittura su tavola fiamminga antica; dipinto su tela olandese del XVII sec.; dipinto su tela francese del XVIII sec.

La capacità di passare tra rappresentazioni multiple, ovvero testi, simboli, formule, grafici e diagrammi (competenza rappresentazionale), migliora notevolmente la comprensione di concetti matematici e fisici, distinguendo tra fluidità rappresentativa (capacità di costruire/interpretare contenuti impliciti o espliciti) e flessibilità rappresentativa (scelte rappresentative/risolutive appropriate), [Küchemann et al. 2021; Bollen et al. 2017]. Esempio di rappresentazione grafico-visiva correlata sia alla descrizione di manifestazioni o fenomeni espliciti, sia alle espressioni simbolico-matematiche implicite, è il campo vettoriale. Un campo vettoriale associa a una regione C dello spazio una distribuzione di vettori: ad ogni punto P di C è applicato, in virtù di una legge, un vettore v . I campi vettoriali possono essere rappresentati mediante espressione simbolica (algebrica) e grafica (vettori e linee di campo: i vettori sono tangenti alle linee di campo in corrispondenza dei punti di origine; linee equipotenziali ϕ mutuamente perpendicolari alle linee di campo/flujo ψ) (figg. 2, 3).

Fig. 2. A sinistra: esempio di campo magnetico [Townsend Trowbridge 1899]; a destra: campo vettoriale in forma algebrica, vettori e linee di campo elettrico [Zohu s.d.].

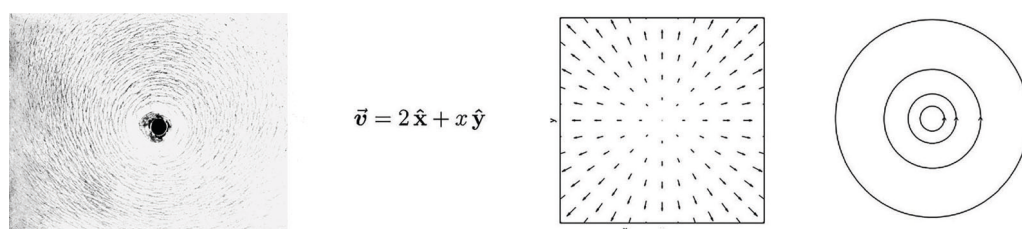
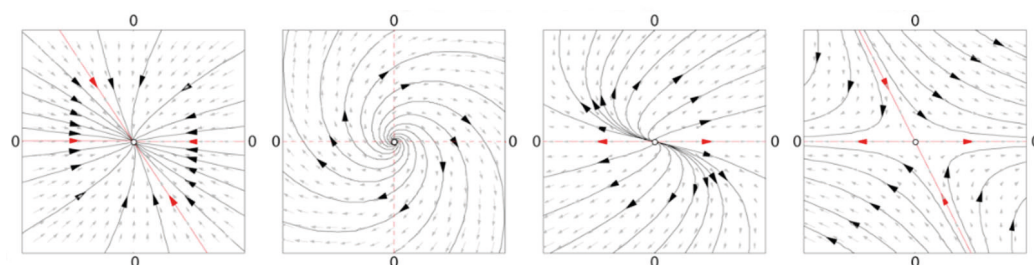


Fig. 3. Esempi di campi vettoriali lineari (forme rappresentative: vettori e linee di campo) [Agarwal et al. 2019].



Èkphrasis&Conservazione: theoretical background

“L’èkphrasis è un enigma e una macchina complessa, un dispositivo da svelare” [Cecchetti 2023]; “Le descrizioni puramente verbali o matematiche dei modelli di crepe sono quasi impossibili” [Boers 1959, p. 824]: la ricerca, ad oggi, lavora per fornire soluzioni a tale sfida. La letteratura offre diversi esempi di graphicizzazione delle *craquelure*, dal disegno [Karpowicz 1990] alla microfotografia [Wigfield 1998], dai campi vettoriali [Mecklenburg 1982] alle simulazioni FEM [Colville et al. 2013]. Nell’ultimo decennio, sono stati prodotti sviluppi sostanziali nell’ambito della ricerca sul comportamento meccanico dei dipinti [Bratasz, Sershek 2018; Krzemien et al. 2016], portando a innovative applicazioni basate su processi di autoapprendimento DL applicati a set di *craquelure* distribuiti su porzioni limitate di dipinti (ottimizzazione computazionale) e verificati mediante prototipi digitali e analogici, simulando le risposte dovute a sollecitazioni ambientali [Zabari 2021; Bury, Bratasz 2024; Jamalabadi et al. 2021]. Tuttavia, gli approcci convenzionali di caratterizzazione delle *craquelure* omettono informazioni sulla forma delle fratture: l’*imaging* diagnostico multisensore è in grado di descrivere dettagliatamente tale fenomenologia [Sidorov, Hardeberg 2019], (fig. 4), da cui la ricerca di soluzioni per la geolocalizzazione, *storage* e comparazione automatica di tali prodotti [Lanzara et al. 2024a; Lanzara et al. 2024b]. Obiettivo del presente studio è descrivere/tradurre il fenomeno fisico-chimico della *craquelure* in sistema ideale grafico-vettoriale [1] mediante sistematizzazione/classificazione del dato (tipi di *pattern*/cretti) e relative cause.

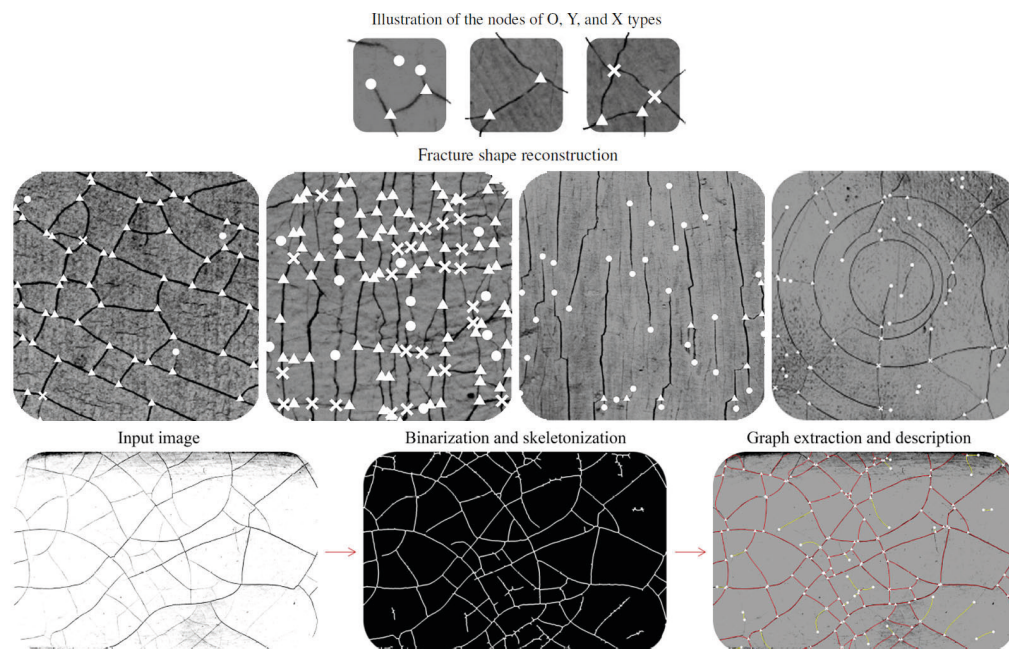


Fig. 4. Esempi di forme interpretative/ rappresentative dei principali *pattern* di *craquelure* [Sidorov, Hardeberg 2019].

Per una fenomenologia conservativa: il caso studio

Il dipinto olio su tela oggetto di studio è una pala d'altare mistilinea (150 × 290 cm) proveniente dalla chiesa napoletana di Sant'Anna a Capuana, tra le prime opere del pittore Francesco Narici, attivo tra Napoli e Genova nella seconda metà del XVIII secolo.

A causa di un'infiltrazione d'acqua, l'opera venne rimossa dalla propria nicchia di collocamento, velinata e, una volta eliminato il telaio danneggiato, montata su una struttura provvisoria, in attesa di restauro. Dopo quindici anni, il manufatto è stato trasportato nei Laboratori di Restauro dell'Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (fig. 5), da cui l'idea di tracciare una sorta di "fenomenologia conservativa" del dipinto [Malgieri 2024] [2].

Le acquisizioni fotografiche ad alta risoluzione e il rilievo fotogrammetrico digitale hanno consentito la restituzione grafica del sistema di *craquelure*, composto da tre diversi *pattern* di cretto particolarmente estesi (figg. 6, 7), di seguito cronologicamente elencati:

1. cretto a chiocciola, formatosi in seguito all'azione di una forza perpendicolare alla superficie pittorica, con andamento spiraliforme o a cerchi concentrici dovuti alla propagazione dell'impatto, interferente con il cretto angolare, di conseguenza, interrotto;
2. cretto angolare, molto comune, si forma quando la tensione iniziale impressa dalla chiodatura viene meno e, a causa di variazioni termigrometriche, la tela è soggetta a movimenti intrinseci che partono dagli angoli e si diffondono, nei casi più severi, verso il centro; il meccanismo si scatena a causa di un tensionamento basso (0,3 N/m) unito ad altissimi livelli di umidificazione (ca. 90%), le zone umidificate della tela asciugano con tempi diversi e la tensione del supporto viene distribuita diversamente e in modo poco omogeneo;
3. cretto irregolare, ultimo a formarsi durante successivi cicli di umidificazione per la contrazione della zona centrale causata dalla tensione rilasciata in seguito alla formazione del cretto angolare, rispetto al quale presenta un andamento perpendicolare, probabilmente scaturito dal bilanciamento di forze direzionali. Le zone dei cretti angolari premono sulla fascia centrale che, in combinazione con la forte tensione causata dall'umidificazione, soprattutto UR% bassa, sviluppa un cretto ascendente, intersecante il cretto angolare.

Tale anamnesi ha permesso di comprendere il comportamento dell'opera al variare dei parametri termigrometrici e soggetta a degrado ambientale: l'obiettivo del presente studio è tradurre/esplicitare la descrizione/narrazione del succedersi di tali condizioni mediante mezzi di comunicazione adeguati, seppure, in questa sede, in forma esemplificativa.

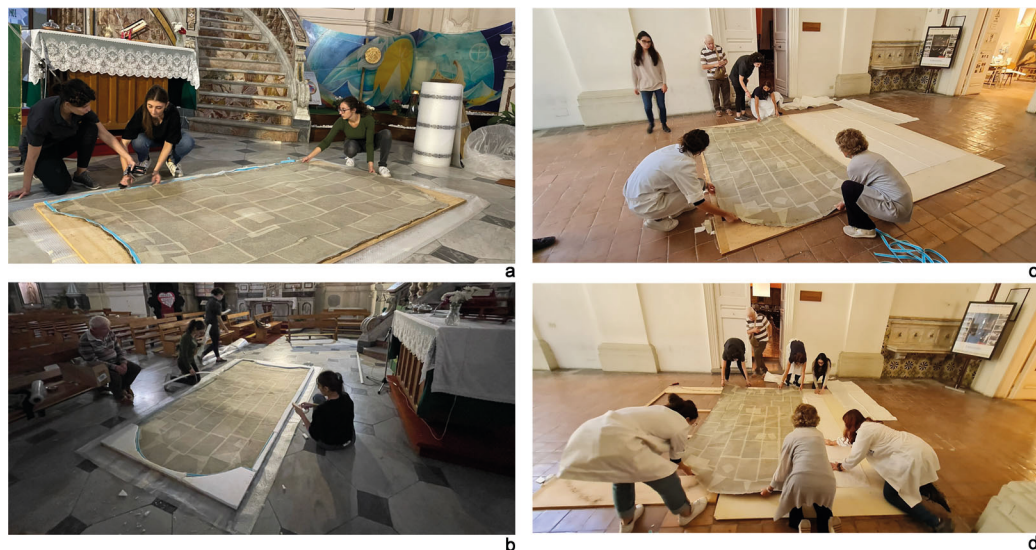


Fig. 5. Trasporto dell'opera in laboratorio: messa in sicurezza (a); imballaggio (b); intervento di emergenza mediante posizionamento tela su pannello multistrato (c, d) (foto delle autrici).

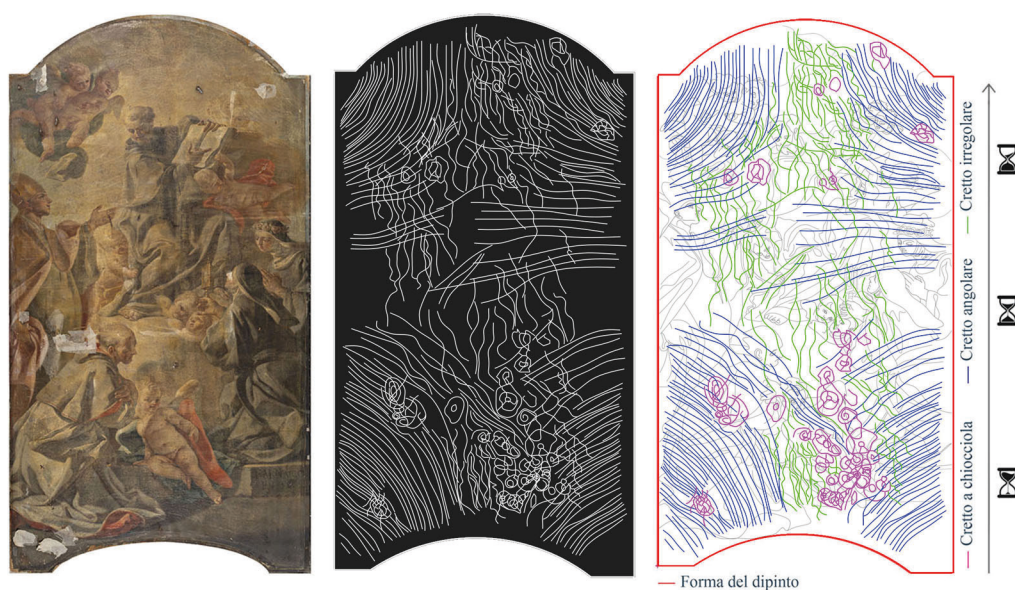


Fig. 6. Caso studio: pala d'altare mistilinea, olio su tela; da sinistra: dipinto pre-restauro; individuazione dei pattern di *craquelure* su rilievo fotogrammetrico del dipinto velinato; disegno/andamento dei tipi di pattern/cretti individuati (modello e disegni a cura di A.C. Malgieri).



Fig. 7. Individuazione dei tipi di *craquelure* o *crack pattern* distribuiti sul dipinto/caso studio: dettagli fotografici a luce radente (foto di M. Casciello).

Applicazione: simulazione algoritmico-generativa della *craquelure* di un dipinto su tela

In Informatica, un *prompt* è un *input* necessario per avviare i meccanismi di produzione di *output*, da cui l'evidente analogia tra *prompt engineering* ed *èkphrasis* [Verdicchio 2024].

Il VPL è basato su sequenze logiche (*flowchart*) di nodi grafico-funzionali interconnessi (*input>corpo>output*).

L'algoritmo elaborato si configura, pertanto, quale sequenza narrativa e descrittiva della fenomenologia oggetto di indagine, esplicitata in forma grafico-vettoriale, al fine di tradurre l'azione di forze attrattive, repulsive e di impatto, al contorno o interne (simulazione del comportamento della tela ancorata al telaio e soggetta a variazione dei parametri ambientali e/o traumi/colpi), agenti sul dipinto e sottese al complesso sistema di *craquelure* rilevato. L'algoritmo, basato su un flusso di componenti *Vector>Field*, e finalizzato alla simulazione grafico-bidimensionale dei campi vettoriali generati dall'applicazione di *oint Charges*, si compone dei seguenti step:

- costruzione geometria ideale di supporto (poligono/regione - griglia di punti e *BBox*);
- indicazione *P Charges location, direction* e *decay* (localizzazione/distribuzione puntuale forze; *repel* repulsione o *attract* attrazione; ampiezza/raggio di influenza della carica);
- visualizzazione campi vettoriali (*Tensor Display* e *Vector Display*);
- combinazione campi vettoriali (*Merge Field* e *Addition*);
- confronto *pattern craquelure* rilevati (*reaction*) e *force/vector fields (action)*.

La griglia e la divisione (*Surface Domain* e *Divide Curve*) delle curve rilevate in punti consente l'applicazione dei vettori tangenti necessari per definire l'andamento delle linee di forza (*curve*). La posizione e la carica (verso, intensità) dei *P Charge* in *input* in *Evaluate Field* influenza l'andamento del *vector field*. L'unione (*Merge field*) di più combinazioni di *P Charge (input)* in *Vector Display* ha consentito la simulazione semi-automatica della compresenza di più campi di forze mutuamente interferenti e caratterizzanti il sistema di *craquelure* indagato.

In assenza di un sufficiente numero di casi studio/prototipi idonei sui quali testare/validare l'algoritmo, un *output* di prova è stato confrontato con esperimenti di riferimento eseguiti su dipinti olio su tela, originali o provini, suddividendo una regione/tela rettangolare ideale in 12x14 celle: la forza localizzata sul centro di ogni cella (intensità delle cariche puntiformi pari a 1) è calcolata applicando la seguente formula esponenziale di decadimento [3], esemplificazione dell'equazione originale citata [Mecklenburg, Tumosa 1991, p. 184], settando un valore euristico di decadimento capace di simulare l'andamento delle forze/*outline* di cretto desiderato:

$$\text{Vettore forza risultante} = \frac{-1 * \text{Vettore forza di attrazione carica puntiforme}}{\text{Distanza centro cella}^{\text{Decadimento}}}$$

La simulazione del cretto angolare generato dal basso tensionamento della tela ha restituito un risultato molto simile al riferimento citato, e cioè l'illustrazione di forze uguali e contrarie che, in condizione ideale, si bilanciano: le forze attrattive dirette verso il centro della tela superano quelle di tensione perimetrale, che viene meno, generando il *pattern* mostrato.

È indubbio che l'estensione ideale del cretto su tutto il supporto, nei casi reali più frequentemente riscontrabile agli angoli a seguito di una ripetuta esposizione a cicli di umidificazione, difetti esecutivi o combinazione di entrambi, rappresenti un caso limite (fig. 8).

In corrispondenza del dipinto di studio, ogni campo vettoriale è stato definito partendo da singole cariche puntiformi rappresentanti le forze in gioco: quelle repulsive, simulanti la tensione perimetrale, e quelle attrattive, simulanti specifiche cause e fenomeni di degrado agenti (fig. 9).

In accordo con il test eseguito e al fine di visualizzare empiricamente gli esiti della simulazione applicati al caso-studio, la regione mistilinea (tela ideale) è stata divisa in una matrice di celle di 7 x 7 cm e il valore euristico del parametro *decay* è stato fissato pari a 2,5, su confronto con lo stato di conservazione del dipinto e data la mancanza dei valori igrometrici.

Ne consegue che, in corrispondenza di valori effettivi per gli specifici parametri coinvolti, il metodo possa essere testato per predire i movimenti dei supporti tessili dovuti ai cicli di umidificazione e al degrado.

In accordo con la cronologia ipotizzata, la simulazione parte descrivendo/restituendo il campo vettoriale generato dalla tensione perimetrale: le linee del contorno della regione (tela ideale)

Fig. 8. Campo vettoriale di un cretto caratteristico di dipinti con telaio non espandibile [Mecklenburg 1991] (a); ridisegno del cretto, distribuzione P Charges al contorno e simulazione VPL del campo attrattivo del tensionamento perimetrale (b) e del campo reattivo del cretto, con approssimazione della condizione di ortogonalità tra *pattern* della crettatura e corrispondente campo vettoriale individuabile nella direzione dei vettori contenuti tra le linee del cretto, risultanti dall'azione dei due campi generati dalle P Charges distribuite lungo il contorno e lungo le linee/fessure del *pattern* (c) (algoritmo di A.C. Maligneri; composizione di E. Lanzara).

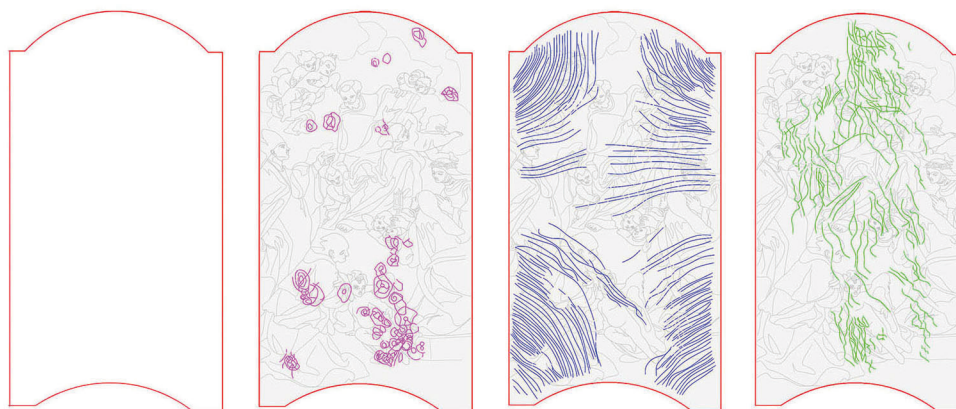
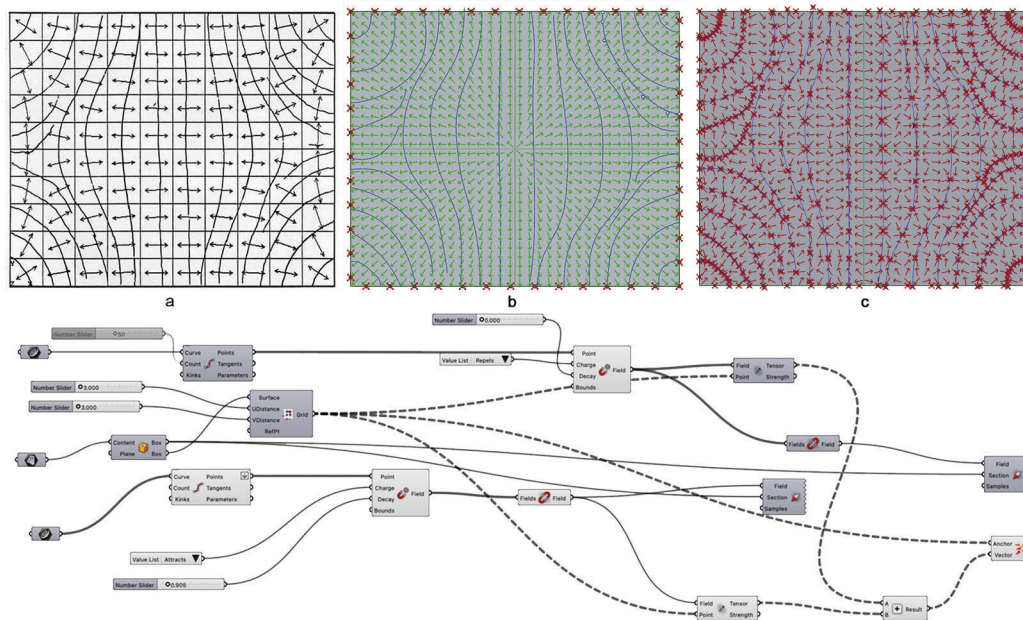
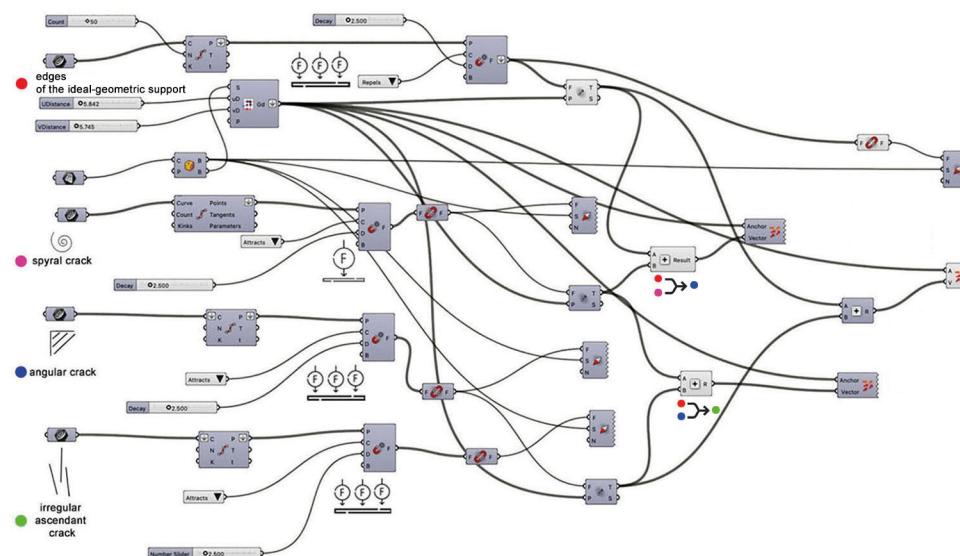


Fig. 9. Flowchart narrativo/descrittivo della fenomenologia del sistema di *crackure* oggetto di studio, con individuazione dei gruppi relativi alla simulazione dei diversi campi di forza e corrispondenti *pattern*/cretti individuati (algoritmo di A.C. Maligneri; composizione di E. Lanzara).



sono state divise in 50 punti, dai quali scaturisce il campo delle forze che, dal centro della tela, esercitano un'azione di trazione verso i bordi, al fine di simulare il fissaggio della tela al telaio (fig. 10a). In seguito, per simulare il cretto a chiocciola (in magenta), dovuto a una serie di colpi, i vettori forza (*P charges*) perpendicolari al piano del dipinto sono stati applicati in corrispondenza dei centroidi dei *pattern* concentrici/spiraliformi rilevati (fig. 10b). Quindi, sono stati generati i campi vettoriali rappresentanti il cretto angolare (fig. 10c) e il cretto irregolare longitudinale (in verde), distribuito in corrispondenza dell'area centrale del dipinto (fig. 10d). Sommando i campi relativi alla tensione perimetrale e al cretto a chiocciola (in magenta), l'algoritmo restituisce un *pattern* il cui andamento è compatibile con il cretto angolare (in blu), (fig. 11a); sommando i campi rappresentanti la tensione perimetrale e il cretto angolare (in blu) si evince la correlazione con il cretto irregolare ascendente (in verde), (fig. 11b). Considerata, infatti, la particolare condizione del dipinto, per il quale, diversamente da altri, è possibile osservare la convivenza di diversi *pattern* di cretto evidentemente interdipendenti l'uno dall'altro, è parso opportuno indagarne, seppur sommariamente e in questa sede, le possibili connessioni. Pertanto, i diversi campi vettoriali sono stati sommati al fine di comprendere quanto la manifestazione di una data condizione di crettatura influenzi la formazione di cretti successivi.

Fig. 10. Disegno esemplificativo dei *crack pattern*, localizzazione *P Charges* e campi vettoriali: tensione perimetrale (a); cretto a chiocciola (b); cretto angolare (c); cretto irregolare longitudinale/ascendente (d) (algoritmo di A.C. Malgieri; composizione di E. Lanzara).

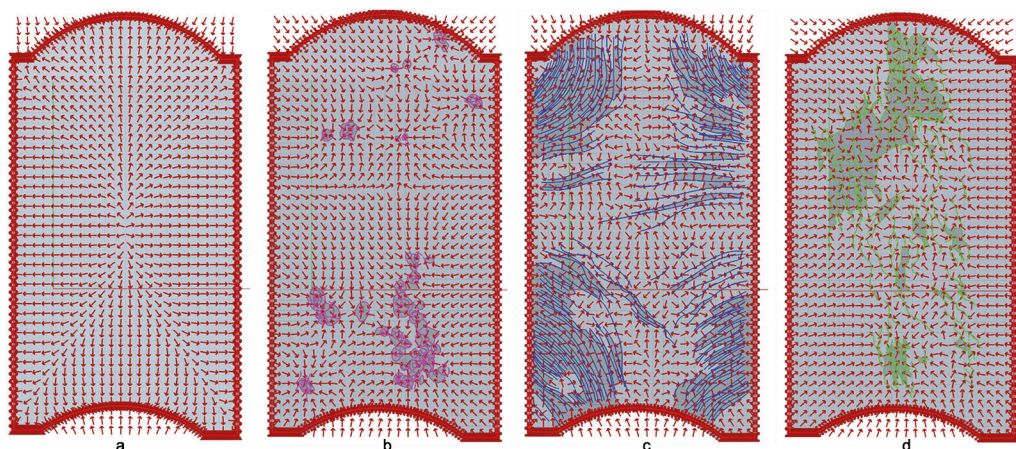
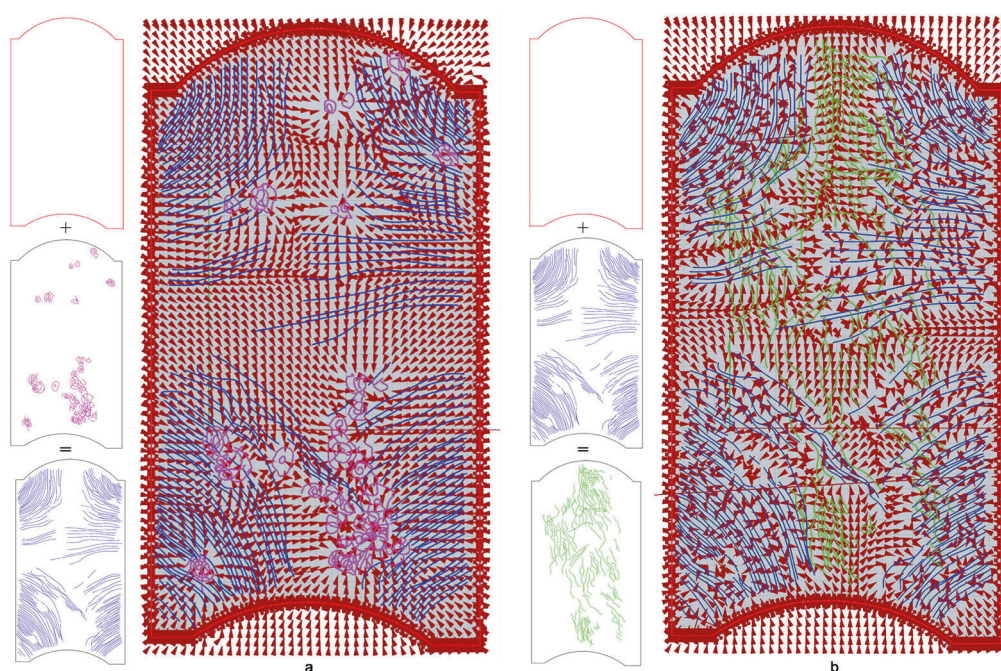


Fig. 11. Combinazione (*Merge field*) di campi vettoriali, a supporto della verifica cronologica: la somma dei campi tensione perimetrale e cretto a chiocciola (in magenta) restituisce un campo di reazione descrittivo del cretto angolare (a); la somma dei campi tensione perimetrale e cretto angolare (in blu) restituisce un campo di reazione descrittivo del cretto ascendente, (in verde), (b). La somma tra campi cronologicamente consecutivi, deriva dall'ipotesi di una possibile concatenazione causa-effetto tra gli stessi. La coesistenza di più campi determina aree caratterizzate dalla distribuzione irregolare dei vettori (algoritmo di A.C. Malgieri; composizione di E. Lanzara).



Conclusioni e future works

In conclusione, l'algoritmo traduce, con buona approssimazione, la fenomenologia della *craquelure* indagata, espressa in forma grafico-vettoriale mediante simulazione delle sole forze fisiche agenti sul manufatto. L'utilizzo di appositi strumenti e *add-on* [4, 5] consentirà l'implementazione dell'algoritmo, ai fini preventivi e predittivi, per la simulazione psicrometrica dell'ambiente di collocazione virtuale dell'opera e della conseguente variazione dello stato di conservazione dei manufatti nel tempo. La pianificazione di apposite attività di documentazione e monitoraggio per l'osservazione e registrazione di *craquelure* caratterizzanti attuali e futuri casi studio consentirà il potenziamento dello strumento algoritmico proposto, compresa l'implementazione di appositi strumenti AI.

Note

[1] L'esperimento, eseguito mediante diretto confronto con il modello *reality based* del caso studio indagato, simula il sistema di campi vettoriali (singoli e complessivo) corrispondenti alle sollecitazioni esterne (ancoraggio al supporto, impatti) introdotte in forma di cariche puntuali (*P Charge* distribuiti al contorno e in corrispondenza di aree interne del supporto) e sottese alla formazione dei tre diversi tipi *pattern* di cretto rilevati e restituiti manualmente. L'attuale versione dell'algoritmo, *in progress*, non simula la variazione dei principali parametri ambientali coinvolti nella fenomenologia della *craquelure* (ovvero temperatura, umidità relativa) e delle proprietà chimico-fisiche/materiche del manufatto.

[2] L'opera è stata individuata come pretesto per avviare il presente studio, dato il peculiare stato conservativo dovuto all'adozione di una tecnica esecutiva di non particolare pregio causante importanti squilibri per la stabilità intrinseca dell'opera, tra cui difetti di adesione, eccessiva reazione ai cambiamenti termoigrometrici ambientali e particolare inclinazione a crettare. Proprio in virtù di tale particolare condizione, i *pattern* di crettatura rilevati fungono quale possibile chiave per leggere e interpretare il ciclo di vita del dipinto.

[3] L'equazione originale di riferimento è frutto di una sperimentazione empirica condotta dall'equipe negli anni '90 [Mecklenburg 1991, p.184, *Equation 17*] sulla base di una ricerca sul comportamento meccanico del supporto, nello specifico caso della presenza di un telaio non espansibile. In mancanza di dati reali, in quanto è impossibile risalire ai corretti parametri ambientali in momenti specifici nell'arco di diverse centinaia di anni, è considerata la grande quantità di variabili che distinguono un'opera d'arte dall'altra, la citata equazione è stata tradotta e semplificata al fine di restituire le dinamiche concernenti il comportamento meccanico del supporto, idealizzando (in questa fase) i fenomeni fisici esterni causanti il cretto. L'algoritmo proposto suddivide la tela ideale in una griglia di celle: la forza applicata nel centro di ogni cella viene calcolata applicando la formula esponenziale di decadimento proposta. L'intensità del vettore forza delle cariche puntiformi è fissata pari a 1 in ogni direzione. Alla tela ideale vengono applicati due campi vettoriali settando un parametro euristico di decadimento che sia il più esplicativo possibile dell'andamento delle forze desiderato: un campo vettoriale riguardante il tensionamento perimetrale e primario e un campo vettoriale di verso opposto, considerando come outline lo schema di cretto desiderato.

[4] Grasshopper Docs (s.d.). *Psychrometric Chart*. <https://grasshopperdocs.com/components/ladybug/psychrometricChart.html>.

[5] Grasshopper Docs (s.d.). *Architecture category, Climate Simulation*. <https://grasshopperdocs.com/categories/architecture-climate-simulation.html>.

Riferimenti bibliografici

Boers, M. (1959). Reference standards for the description of various types and degrees of cracking and similar faults in paint coats. In *Proceedings of 5th F.A.T.I.P.E.C. Congress (Federation of Associations of Technicians for Industry of Paints in European Countries)*, p. 824. Milano: FAPITEC.

Bollen, L., van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., De Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. In *Physical Review Physics Education Research*, 13, 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.13.020109>.

Bratasz, L., Sereshk, M.R.V. (2018). Crack saturation as a mechanism of acclimatization of panel paintings to unstable environments. In *Studies in Conservation*, 63(sup1), pp. 22-27. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00393630.2018.1504433>.

Bucklow, S.L. (1996). Formal Conosseurship and the Study of Paintings Techniques. In J. Bridgland (Ed.). *ICOM Committee for Conservation. Proceedings of 11th Triennial Meeting*. Edinburgh, 1-6 September 1996, pp. 341-347. London: James & James (Science Publishers) Ltd. <https://www.icom-cc-publications-online.org/2964/Formal-Connoisseurship-and-the-Study-of-Paintings-Techniques>.

Bury, M., Bratasz, L. (2024). Development of craquelure patterns in paintings on canvas. In *Heritage Science*, 12:375. <https://www.nature.com/articles/s40494-024-01493-x>.

Cecchetti, M. (15 settembre 2023). Critica. Ecfra! Quei giochi fra immagini e parole. In *Avvenire*. <https://www.avvenire.it/agora/pagine/ecfrasi-quei-giochi-fra-immagini-e-parole>.

Colville, J., Kilpatrick W., Mecklenburg, M. M. (1982). A finite element analysis of multi-layered orthotropic membranes with application to oil paintings on fabric. In *Studies in Conservation*, 27: sup1, pp. 146-150. <https://doi.org/10.1179/sic.1982.27.Supplement-1.146>.

Elkins, J. (2000). *How to Use Your Eyes*. New York: Routledge.

Holton, G. (1983). *L'immaginazione scientifica. I temi del pensiero scientifico*. Torino: Giulio Einaudi Editore.

- Jamalabadi, M.Y.A., Zabari, N., Bratasz, Ł. (2021). Three-dimensional numerical and experimental study of fracture saturation in panel paintings. In *Wood Science and Technology*, 55, pp. 1555-1576. <https://doi.org/10.1007/s00226-021-01328-z>.
- Krzemien, L., Łukowski, M., Bratasz, Ł., Kozowski, R., Mecklenburg, M. F. (2016). Mechanism of craquelure pattern formation on panel paintings. In *Studies in Conservation*, 61(6), pp. 324-330. <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1140428>.
- Lanzara, E., Fatigati, G., Guardascione, S., Rapicano M.T. (2024a). VPL geometry processing for open multilevel and multiscalar databases. In *ISPRS. Vol. XLVIII-2/W8-2024*, pp. 273-280. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W8-2024-273-2024>.
- Lanzara, E., Somma, P. I., Terriccio, M. (2024b). Scan to VPL Image Processing. Overlaps and disconnections in the work of Salvatore Emblema. In *Paesaggio Urbano*, n.1, 2024, pp. 18-31. https://www.paesaggiourbano.org/wp-content/uploads/2024/09/PU024_01_03_Lanzara_.pdf.
- Malgieri, A. C. (2024). *San Francesco che mostra la regola. Fenomenologia di un dipinto*. Tesi di Laurea Magistrale in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, relatori: prof.sse A. Aprile, P. I. Somma; correlatori: E. Lanzara, P. Cennamo, G. Trojsi, S. Causa, Dipartimento di Scienze Umanistiche, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli.
- Maria T. (7 luglio 2020). La craquelure e la sua analisi: un approccio originale per osservare i quadri. In *WALL:OUT. Genova web magazine*. <https://walloutmagazine.com/la-craquelure-e-la-sua-analisi-un-approccio-originale-per-osservare-i-quadri/>.
- Mecklenburg, M.F., Tumosa, C.S. (1991). Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity. In M.F. Mecklenburg (Ed.). *Art in transit*, pp. 172-214. Washington, D.C.: National Gallery of Art. <https://hdl.handle.net/10088/35974>.
- Mecklenburg, M.F. (1982). *Some Aspects of the Mechanical Properties of Fabric-Supported Paintings*. Washington, DC: Smithsonian Institution. <https://hdl.handle.net/10088/55639>.
- Olson, R. (17 settembre 2020). *What is Ekphrasis? Definition & Examples*. Oregon State University. <https://liberalarts.oregon-state.edu/wlf/what-ekphrasis>.
- Paolini, C. (2024). *Analisi dei cretti*. Corso di Diagnostica per i Beni Culturali, Media, Arti, Culture (LM-65). Dipartimento di Scienze della comunicazione, Università di Teramo. <https://elearning.unite.it/course/view.php?id=4920>.
- Roby, C. (2013). L'ekphrasis e l'immaginazione scientifica in Tolomeo. In *Estetica. Studi e Ricerche*. http://www.esteticastudie-ricerche.com/index.php?option=com_content&view=article&id=149:lekphrasis-e-limmaginazione-scientifica-in-tolomeo&Itemid=2&lang=en.
- Sidorov, O., Hardeberg, J. (2019). Craquelure as a Graph: Application of Image Processing and Graph Neural Networks to the Description of Fracture Patterns. In *Proceedings of IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCV 2019)*, Seoul, Korea, October 27 - November 2, 2019, pp. 1429-1436. <https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/iccvw/2019/502300b429/1i5mwvZITU4>.
- Townsend Trowbridge, J. (1899). WIRELESS TELEGRAPHY. In *Popular Science Monthly*, Vol. 56, November 1899, pp. 67-81. en.wikisource.org/wiki/Popular_Science_Monthly/Volume_56/November_1899/Wireless_Telegraphy.
- Verdicchio, M. (2024). Ekphrasis and prompt engineering. A comparison in the era of generative AI. In *Studi di estetica*, anno LII, IV serie, n. 28, I, pp. 59-78. 10.7413/1825864661.
- Weyer, A., Roig Picazo, P., Pop, D., Cassar, J., Özköse, A., Vallet, J.M., Srša, I. (Eds.). *EwaGlos. European Illustrated Glossary of Conservation Terms for Wall Paintings and Architectural Surfaces*. Hildesheim/Holzminden/Göttingen: HAWK. <http://dx.doi.org/10.5165/hawk-hhg/233>.
- Wigfield, E. A. (1998). Examination of a painted craquelure on a 17th century Dutch marine painting attributed to Willem van de Velde the younger: A case study. In *The Conservator*, 22:1, pp. 17-25. <https://doi.org/10.1080/01410096.1998.9995123>.
- Zabari, N. (2021). Analysis of craquelure patterns in historical The Conservator painting using image processing along with neural network algorithms. In H. Liang, R. Groves (Eds.). *Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VIII. Proceedings Volume 11784 of Spie Optical Metrology, Online Only*, Germany, 21-26 June 2021. <http://doi.org/10.1117/12.2593982>.
- Zohu, K. (s.d.). *Physics Olympiad Handouts. Preliminary Problems*. knzhou.github.io/handouts/Prelim.pdf.

Autrici

Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, emanuela.lanzara@unisob.na.it
 Anna Chiara Malgieri, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, annachiara.malgieri@studenti.unisob.na.it
 Patrizia Irena Somma, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, patrizia.somma@unisob.na.it
 Annadele Aprile, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, annadele.aprile@unisob.na.it

Per citare questo capitolo: Emanuela Lanzara, Anna Chiara Malgieri, Patrizia Irena Somma, Annadele Aprile (2025). *Ekphrasis&Conservazione. Fenomenologia algoritmico-generativa della craquelure di dipinti su tela*. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *ekphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ekphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 3839-3858. DOI: 10.3280/oa-1430-c955.

Èkphrasis&Conservation. Algorithmic-Generative Phenomenology of the *Craquelure* of Canvas Paintings

Emanuela Lanzara
Anna Chiara Malgieri
Patrizia Irena Somma
Annadele Aprile

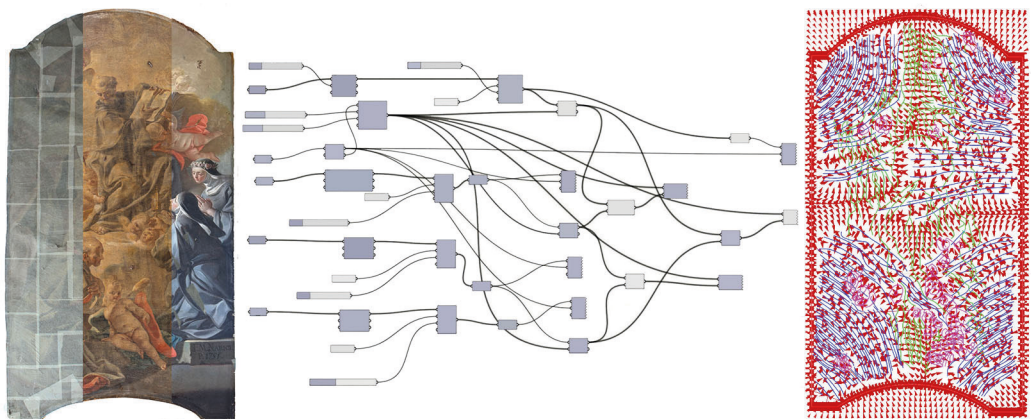
Abstract

This paper is aimed to describe and prefigure the physical phenomenology of the *craquelure* or crack of paintings on canvas. The parametric-generative VPL approach allows the graphical-vector semiautomatic translation of the evolutionary state of a manufact, particularly related to the phenomenon of *craquelure*/cracking, to plan adequate conservation and preventive strategies. Therefore, this contribution proposes and elaborates an alternative description of the artwork aimed at documenting the different types of surface patterns characterizing the detected *craquelure* system. The *nD* approach proposed is aimed at describing the physical manifestation/transformation of the patterns of *craquelures* over time resulting from the simulation of the environmental causes/stresses acting on the manufact. According to an empirical approach and given the absence of an appropriate set of reference samples, the reference scientific literature supported the development/verification of methodological workflow and algorithmic tools defined and tested for segmentation and classification of *craquelure* pattern recorded for the different phases (phenomenology analysis) on a painting/case study and aimed at the graphic simulazione of corresponding vector fields. The main future goal of this study is to enhance the approach for predictive purposes through AI implementation.

Keywords

VPL, *craquelure*, vector field, prevention, prediction.

Phenomenology of the
Craquelure of a painting
oil on canvas: VPL
description, narration and
graphic-vector translation
(algorithm by A.C.
Malgieri; composition by E.
Lanzara).



"purely verbal or mathematical descriptions of crack patterns are almost impossible."

Boers 1959

Introduction

The *èkphrasis*, locus between sensory media [Olson 2020], describes and translates phenomena and experiences through defined interdisciplinary codes.

There are many areas where automated data analysis and interpretation are implemented in the domain of Heritage Sciences: research on the phenomenon of *craquelures* represents one of the most attractive challenges between humanistic and scientific fields. The goal is to develop algorithms to translate this phenomenology [Bury, Bratasz 2024; Zabari 2021; Jama-labadi *et al.* 2021; Sidorov, Hardeberg 2019], to optimize the protection of artworks affected by this phenomenon (monitoring, preventive conservation, predictive analysis). According to these premises, this contribution proposes a VPL algorithm to simulate the phenomenology of *craquelure* in graphic-vector form.

EwaGlos (*European Illustrated Glossary for Conservation Terms of Wall Painting and Architectonic Surfaces*) [Weyer *et al.* 2015] defines the *craquelure* as "a network of specific minor fractures of dry painted layers". As a natural alteration of the painting, it can enrich the perceptual experience; however, environmental impacts can cause progressive deterioration and loss of material. The different coefficients of expansion and elasticity of support, preparation and pictorial film determine mechanisms of contraction and consequent formation of microfractures in the pictorial layers, mainly due to drying and aging. From the geometrical-configurative point of view, the specific cracks pattern depends on the support and the pictorial techniques: on wooden panels, parallel or perpendicular to the wood fibres; on canvas, circular/spiraliform elements, depending on the weft [Paolini 2024]. The direction of the network, the contours of the cracks, the size and shape of the islands provide hypotheses on place of origin, dating and authenticity of an artwork [Bury, Bratasz 2024; Bukclow 1996] (fig. 1).

Therefore, the proposed approach is aimed at interpreting/explaining elements characterizing the artefact not immediately visible, but fundamental to describe/document its evolution of the state of conservation. The aim is to demonstrate that real systems and ideal interpretive/simplified models, in their mutual expression, can be considered as forms of *èkphrasis*.

Èkphrasis&Physics: 'the scientific imagination' between representational fluidity and flexibility

In physics, visual intuitions support the comprehension of abstract ideas: in the *Almagesto* and in the *Harmonica*, Claudio Tolemeo adopts a persuasive phrasal mode to stimulate the reader's ability to figure vivid descriptions of imaginary experiments [Roby 2013]; in *The Scientific Imagination* [1983], Holton presents a collection of moments when the scientist elaborates concepts despite the lack of empirical basis.

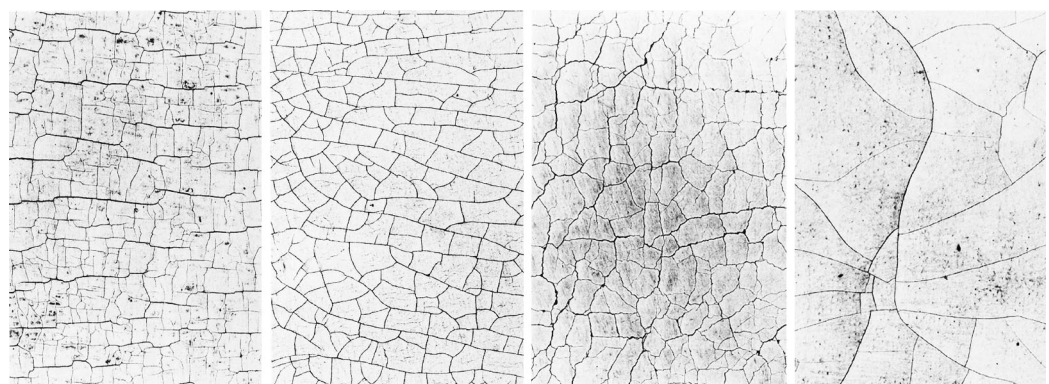


Fig. 1. Typical *craquelures* according to place and period [Bukclow 1996]: from left, painting on ancient Italian table; painting on ancient Flemish table; painted on Dutch canvas of the XVII century; painted on French canvas of the XVIII century.

Words, images, patterns reveal implicit mechanisms of explicit manifestations. Ability to switch between multiple representations, e.g. text, symbols, formulas, graphs, diagrams and images (representational competence), greatly improves the comprehension of mathematical and physical concepts by distinguishing between representational fluency (ability to construct/interpret implicit or explicit contents) and representative flexibility (appropriate representative/solving choices), [Küchemann *et al.* 2021; Bollen *et al.* 2017]. Examples of graphic-visual representations related to both the description of explicit manifestations and implicit mathematical symbolic expressions, are the vector fields. A vector field associates a region C of space with a distribution of vectors: at each point P of C is applied, according to a Physical-mathematical law, a vector v . Vector fields can be represented by a symbolic (algebraic) and graphic expression (vectors and field lines: the vectors are tangential to the field lines at the point of origin; equipotential lines, where field/flow lines ψ and equipotential lines ϕ are mutually perpendicular) (figs. 2, 3).

Fig. 2. Left: magnetic whirls [Townsend Trowbridge 1899]. Right: algebraic form of vector field, electric fields vectors and lines [Zohu n.d.].

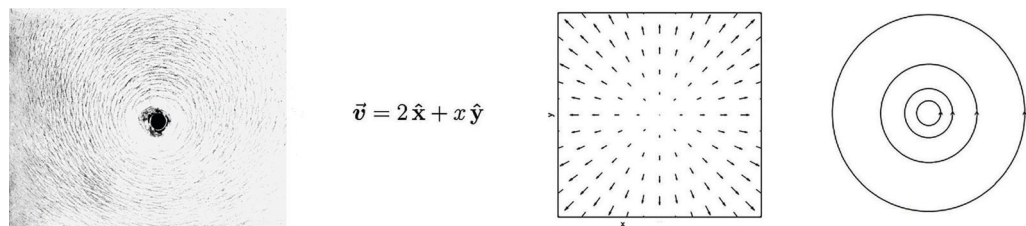
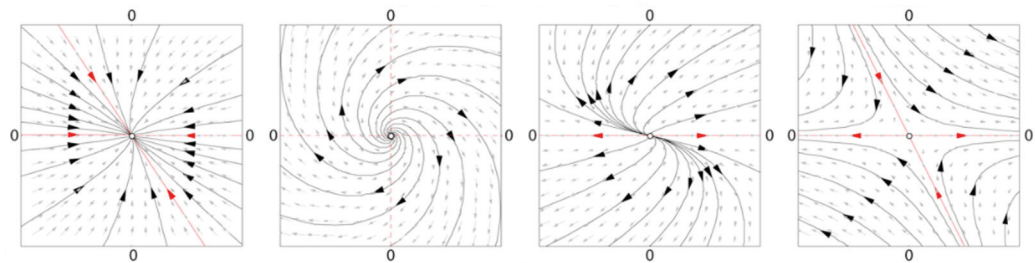


Fig. 3. Some examples of linear vector fields (vectors and line fields), [Agarwal *et al.* 2019].



Èkphrasis&Conservation: theoretical background

“Èkphrasis is a riddle and a complex machine, a device to be solved” [Cecchetti 2023]; “[...] purely verbal or mathematical descriptions of crack models are almost impossible” [Boers 1959, p. 824]; research is currently working to provide solutions to this challenge.

The scientific literature offers several examples of graphic representation of *craquelures*, from drawing [Karpowicz 1990] to microphotography [Wigfield 1998], from vector fields [Mecklenburg 1982] to FEM simulation [Colville *et al.* 2013]. In the last decade, substantial developments have been produced in the research field on the mechanical behavior of paintings [Bratasz, Sereshk 2018; Krzemien *et al.* 2016], leading to innovative applications based on self-learning DL processes applied to crack set on limited portions of paintings (computational optimization) and verified by digital and analog prototypes, simulating responses due to environmental stresses [Zabari 2021; Bury, Bratasz 2024; Jamalabadi *et al.* 2021].

However, conventional crack characterisation approaches omit information on the shape of fractures: multisensor diagnostic imaging provides a detailed description of the phenomenology [Sidorov, Hardeberg 2019], (fig. 4), then the search for solutions to geolocalize, store and automatically compare such products [Lanzara *et al.* 2024a; Lanzara *et al.* 2024b].

The aim of this study is to describe/translate the physico-chemical phenomenon of the *craquelure* into an ideal graphic-vector system [1] by systematizing/classifying the visible data (types of patterns/cracks) and its causes.

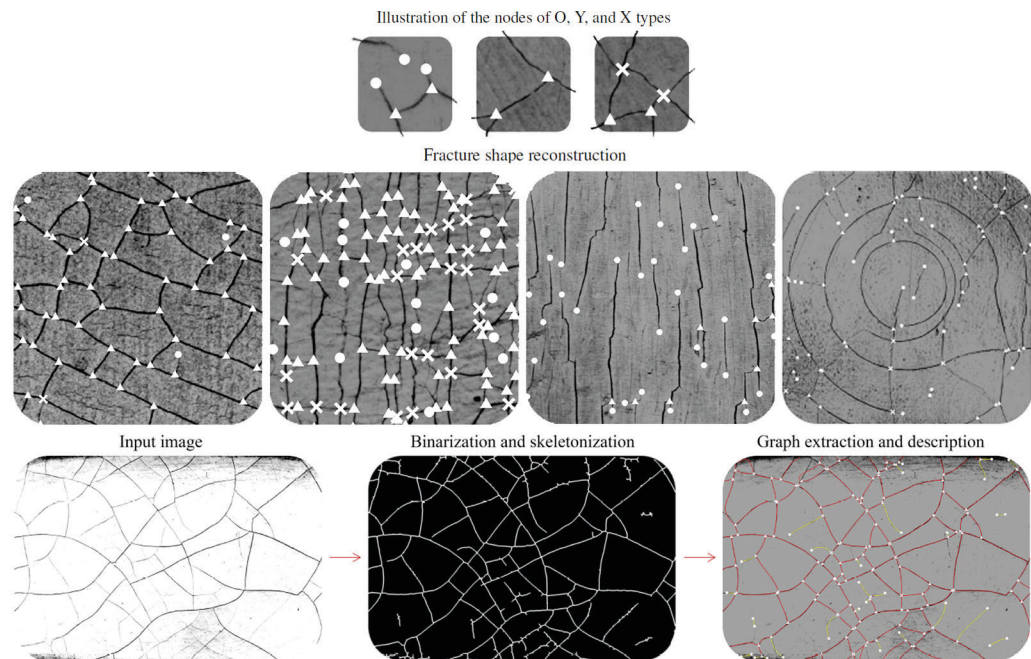


Fig. 4. Representations of the main patterns of *craquelure* [Sidorov, Hardeberg 2019].

For a conservative phenomenology: the case study

The painting/case study, a non-rectilinear altarpiece oil on canvas (150 × 290 cm) from the Neapolitan church of Sant'Anna a Capuana, is one of the first works of the painter Francesco Narici, active between Napoli and Genova in the second half of the eighteenth century. Due to a water infiltration, the manufact was removed from its niche, veiled and, eliminated the damaged frame, mounted on a temporary structure, waiting for restoration.

After fifteen years, the artifact was transferred to the Restoration Laboratories of the University Suor Orsola Benincasa: the aim was to trace a kind of "conservational phenomenology" of the painting [Malgieri 2024] [2] (fig. 5).

High-resolution photographic and digital photogrammetric surveys have allowed the detailed reconstruction of the *craquelure*/crack system (figs. 6, 7), which consists of three different and particularly extensive patterns, chronologically listed below:

1. spiral crack, formed by the action of a force perpendicular to the painting surface, it has a spiral shape or concentric circles, due to the propagation of the impact, interfering with the angular crack, consequently interrupted;
2. angular crack, very common, it forms when the initial tension imprinted by the nailing is lost and, due to thermo-hygrometric variations, the canvas is subject to intrinsic movements that start from the corners and spread, in the most severe cases, towards the center; the mechanism is triggered by low tension (0.3 N/m) combined with very high levels of humidification (approx. 90%): the moistened zones of the canvas 'dry' at different times and the tension of the support is differently and inhomogeneously distributed;
3. irregular crack, the last one generated during new humidification cycles by the contraction of the central zone caused by the tension released from the formation of the angular crack (perpendicular to this one), is probably due to the balancing of directional forces. The areas of the corner crack press on the central band, which, in combination with the strong tension caused by the humidification (low UR%), develops an ascending crack, intersecting the angular one.

This interpretative analysis allowed the comprehension of the behavior of the work due to the variation of the environmental thermohygrometric parameters and environmental decay: the aim of this study is to translate/explicit this narration/description into appropriate and exemplifying communication media.

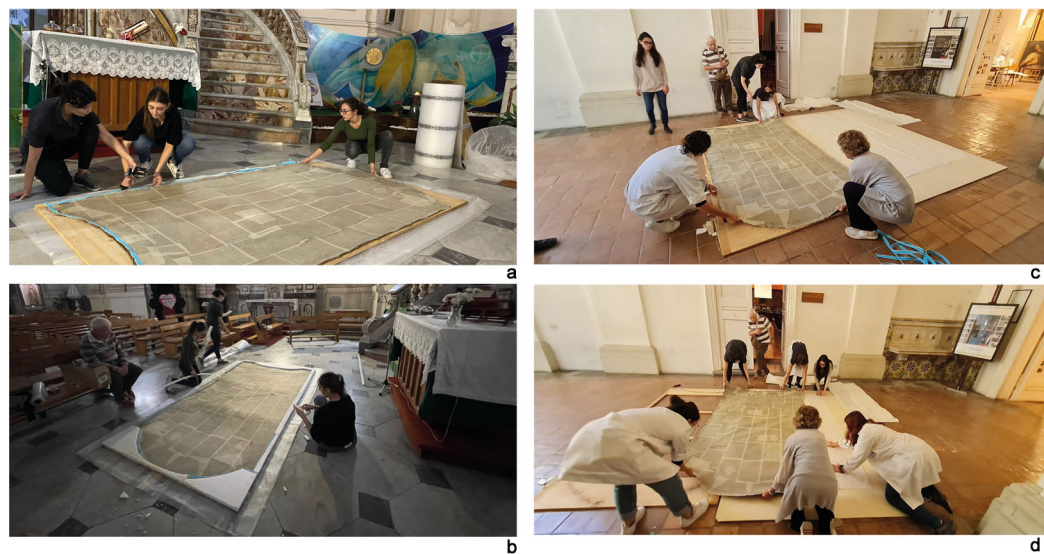


Fig. 5. Handling of the artwork: securing (a); packaging (b); emergency intervention by placing canvas on multi-layer panel (c, d) (photos by the authors).

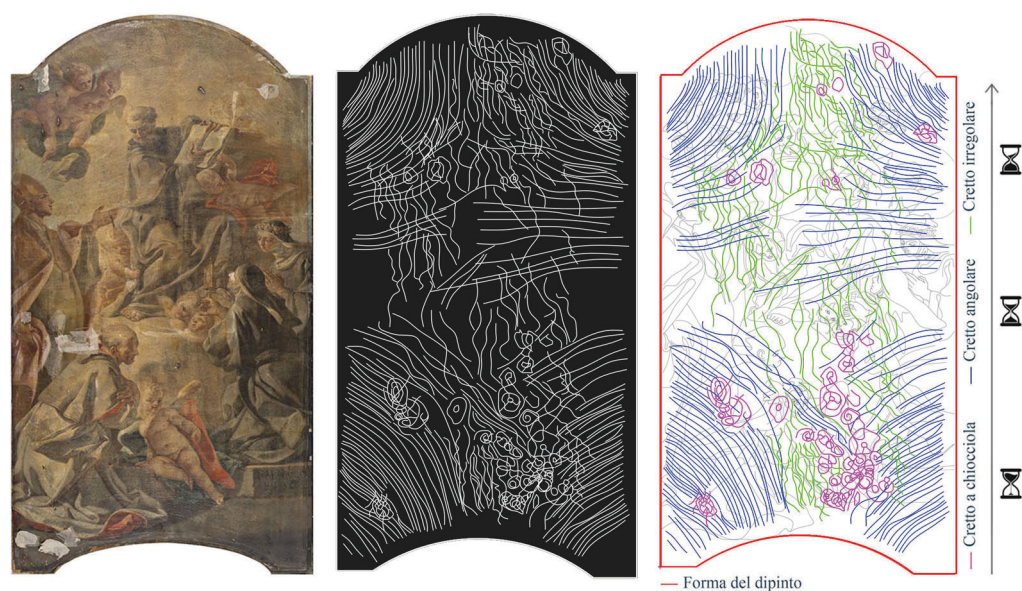


Fig. 6. Case study: mixed line altarpiece, oil on canvas; from left: pre-restoration painting; identification of the *craquelure* patterns on photogrammetric model (velated painting); design of identified pattern/crack (model and drawings by A.C. Malgieri).



Fig. 7. Identification of crack patterns on the painting/case study: details from grazing light photos (photos courtesy of M. Casciello).

Application: algorithmic-generative simulation of the *craquelure* of a canvas painting

In computer science, a *prompt* is an input to start output mechanisms, hence the obvious analogy between *prompt engineering* and *èkphrasis* [Verdicchio 2024]. The VPL is based on logical sequences (*flowchart*) of interlinked graphic-functional nodes (*input>body>output*). Therefore, the VPL algorithm is configured as a narrative and descriptive sequence of the investigated phenomenology, expressed in graphic-vector form, in order to translate the action of attractive, repulsive and impact forces, at the contour or internal, on the painting (simulation of the behavior of the canvas anchored to the frame and subject to variation in environmental parameters and/or trauma/blows) and underlies the complex system of *craquelure* detected.

The algorithm, based on a flow of components *Vector>Field* aimed at two-dimensional graphic simulation of vector fields generated by the application of specific *Point Charges*, consists of the following steps:

- construction of the ideal geometric support (polygonal edge/region, point grid and BBox);
- indication of *P Charges* location, direction and decay (localization/distribution of forces; *repel_repulsion* or *attract_attraction*; amplitude of the charge influence radius);
- vector fields display (*Tensor Display and Vector Display*);
- vector field combination (*Merge Fields*);
- comparison between of detected cracks pattern and vectorial fields.

The region and curves division (*Surface Domain* and *Divide Curve*) allow the application of tangent vectors to define the trend of the force field. The position and charge (direction, intensity) of the input *P Charge* in *Evaluate Field* influence the trend of the vector field.

The union of several combinations of *vector fields (input)* in *Vector Display* has allowed the simulation of the Force fields (action) behind several mutually interfering patterns (reaction) characterizing the investigated *craquelure* system.

Due to the lack of case studies/prototypes on which to test/validate the algorithm, a test output was compared with a reference experiment performed on an oil on canvas painting, dividing an ideal rectangular region/canvas into 12×14 cells: the localized force on the center of each cell (intensity of point charges equal to 1) is calculated by applying the following exponential decay formula [3], exemplifying the cited original equation [Mecklenburg, Tumosa 1991, p. 184], setting a heuristic value of decay capable of simulating the movement of forces/desired crack *outline*:

$$F \text{ vector} = \frac{-1 * F \text{ vector attraction}}{\text{Distance from centre of cell}^{\text{Decay}}}$$

The simulation of the angular crack generated by the low tension of the canvas is very similar to the cited reference and it consists in illustration of equal and opposite forces which, under ideal conditions, self-balancing: the attractive forces directed towards the center of the canvas exceed those of the perimeter tension, which fails, generating the shown pattern. Ideal full-support crack extension, most frequently found only at the corners and due to repeated exposure to wetting cycles, execution defects or a combination of both, is a borderline case (fig. 8).

With reference to the case study, each vector field was defined starting from individual point charges representing the forces involved: repulsive forces, simulating the perimeter tension, and attractive forces, simulating specific causes and identified degradation phenomena (fig. 9). In order to empirically visualize the simulation, the non-rectilinear region (ideal canvas) was divided into a matrix of cells of 7×7 cm and the heuristic value of the decay parameter was set at 2.5, based on comparison with the state of conservation of the painting and the lack of data on the hygrometric values and physico-chemical characteristics of the materials involved (fig. 10). Thus, according to specific hygrometric and materic values involved, the method can be tested to predict the movements of textile substrates due to humidification cycles and degradation. According to the assumed chronology, the simulation starts by describing/returning the vector

field generated by the perimeter tension: each edge of the contour (ideal canvas) has been divided into 50 points, from which the forces field that pull towards the edges from the centre of the canvas arises, to simulate the attachment of the canvas (action) to the frame (fig. 10a). Later, to simulate the spiral crack, a series of force (*P Charges*) were applied on the concentric circles/spiraliformis detected pattern/curves to simulate the forces perpendicular to the painting (blows), (fig. 10b). Likewise, the vector fields representing the angular crack (fig.10c) and the longitudinal irregular crack (at the central area of the painting, fig.10d) were generated. Merging (*Addition of Evaluate Field*) the fields of perimeter tension and spiral crack (in magenta), the algorithm returns a Force field/pattern (action) compatible with angular crack (reaction), (in blue, fig. 11a); merging the fields (action) of the perimeter tension and the angular crack (in blue) shows the correlation with the irregular ascending crack (reaction), (in green, fig. 11b).

Given the particular condition of the painting, different from others, it is possible to observe the coexistence of several crack patterns interdependent on each other; we investigate their possible connections. Therefore, the different vector fields have been summed in order to understand how a given crack condition affects the formation of subsequent cracks.

Fig. 10. Survey of pattern, *P Charges* localization and vector fields (reactions/crack patterns): perimeter tension (a); spiral crack pattern (b); angular crack pattern (c); longitudinal/ascending irregular crack pattern (d) (algorithm by A.C. Malgieri; composition by E. Lanzara).

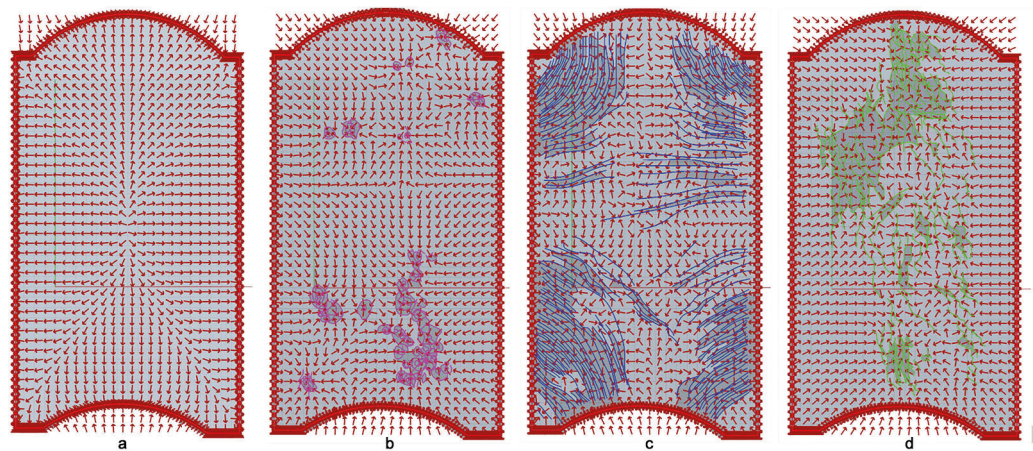
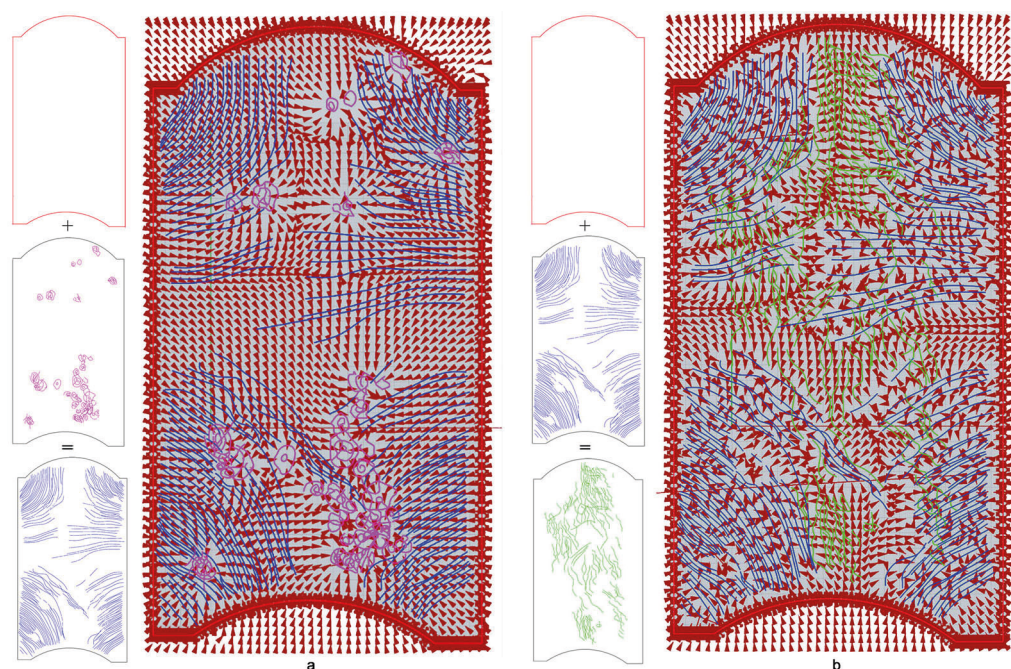


Fig. 11. Combination (*Addition*) of vector fields (check history): the sum of perimeter and spiral (in magenta) vector fields returns a reaction vector field describing of the angular crack pattern (in blue), (a); the sum of perimeter field and vector field of angular crack pattern (in blue) returns a reaction field describing of the ascending irregular crack pattern (in green), (b). The sum between chronologically consecutive fields, comes from the hypothesis of a possible cause-effect concatenation between them. The coexistence of several fields determines areas affected by the uneven distribution of vectors (algorithm by A.C. Malgieri; composition by E. Lanzara).



Conclusion and future works

In conclusion, the algorithm translates, with a good approximation, the phenomenology of the investigated craquelure, expressed in graphic-vector form only by simulation of the physical forces acting on the artifact. The use of dedicated tools and add-ons [4] will allow the implementation of the algorithm for preventive and predictive purposes, according to the psychrometric simulation of the virtual environment of the work and the consequent change in the state of preservation of the artefacts over time. Planned documentation and monitoring activities for the observation and recording of current and future cracking cases will enhance the proposed algorithmic tool, also considering special, dedicated AI systems.

Notes

[1] The experiment, based on comparison with the *reality based* model of the case study, empirically simulates the system of vector field (individual and whole) corresponding to external stresses (anchoring to the support, impacts) introduced as *Point charges* (P Charge distribution at the boundary and internal areas) behind the genesis of the three different types of detected and drawn crack patterns. The current version of the algorithm *in progress* does not provide for the simulation of the variation of the main environmental parameters involved in the phenomenology of cracks (i.e. temperature, relative humidity) and chemical-physical/material properties of the manifold).

[2] The artwork was identified as a pretext to start this study, given the peculiar conservative state due to the adoption of an executive technique causing important imbalances for the intrinsic stability of the manifold, including adhesion defects, excessive reaction to environmental temperature changes and particular tendency to crease. Because of this particular condition, the cracked patterns detected is as a possible key to read and interpret the life cycle of the painting.

[3] The original reference equation is the result of an empirical experiment conducted by the team in the 1990s [Mecklenburg 1991, p.184, Equation 17]. In the absence of real data, and given the large number of variables that distinguish one work of art from another, the equation has been simplified in order to return the dynamics concerning the 'web system'. The proposed algorithm divides the ideal canvas into a grid of cells: the force applied in the center of each cell is calculated by applying the exponential decay formula proposed. The intensity of the force vector of point charges is set to 1 in each direction. Two vector fields are applied to the ideal canvas by setting a heuristic decay parameter that was as explanatory as possible of the desired force pattern: a vector field concerning the perimeter and primary tensioning and a vector field of opposite direction, considering as outline the desired cretto pattern.

[4] Grasshopper Docs (n.d.). *Psychrometric Chart*. <https://grasshopperdocs.com/components/ladybug/psychrometricChart.html>.

[5] Grasshopper Docs (n.d.). *Architecture category, Climate Simulation*. <https://grasshopperdocs.com/categories/architecture-climate-simulation.html>.

Reference list

- Boers, M. (1959). Reference standards for the description of various types and degrees of cracking and similar faults in paint coats. In *Proceedings of 5th F.A.T.I.P.E.C. Congress (Federation of Associations of Technicians for Industry of Paints in European Countries)*, p. 824. Milano: FAPITEC.
- Bollen, L., van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., De Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. In *Physical Review Physics Education Research*, 13, 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020109>.
- Bratasz, Ł., Sereshk, M.R.V. (2018). Crack saturation as a mechanism of acclimatization of panel paintings to unstable environments. In *Studies in Conservation*, 63(sup1), pp. 22-27. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00393630.2018.1504433>.
- Bucklow, S.L. (1996). Formal Conosseurship and the Study of Paintings Techniques. In J. Bridgland (Ed.). *ICOM Committee for Conservation. Proceedings of 11th Triennial Meeting*. Edinburgh, 1-6 September 1996, pp. 341-347. London: James & James (Science Publishers) Ltd. <https://www.icom-cc-publications-online.org/2964/Formal-Connoisseurship-and-the-Study-of-Paintings-Techniques>.
- Bury, M., Bratasz, Ł. (2024). Development of craquelure patterns in paintings on canvas. In *Heritage Science*, 12:375. <https://www.nature.com/articles/s40494-024-01493-x>.
- Cecchetti, M. (15 settembre 2023). Critica. Ecfrasi! Quei giochi fra immagini e parole. In *Avvenire*. <https://www.avvenire.it/agora/pagine/ecfrasi-quei-giochi-fra-immagini-e-parole>.
- Colville, J., Kilpatrick W., Mecklenburg, M. M. (1982). A finite element analysis of multi-layered orthotropic membranes with application to oil paintings on fabric. In *Studies in Conservation*, 27: sup1, pp. 146-150. <https://doi.org/10.1179/sic.1982.27.Supplement-1.146>.
- Elkins, J. (2000). *How to Use Your Eyes*. New York: Routledge.
- Holton, G. (1983). *L'immaginazione scientifica. I temi del pensiero scientifico*. Torino: Giulio Einaudi Editore.
- Jamalabadi, M.Y.A., Zabari, N., Bratasz, Ł. (2021). Three-dimensional numerical and experimental study of fracture saturation in panel paintings. In *Wood Science and Technology*, 55, pp. 1555-1576. <https://doi.org/10.1007/s00226-021-01328-z>.
- Krzemien, L., Łukowski, M., Bratasz, Ł., Kozowski, R., Mecklenburg, M.F. (2016). Mechanism of craquelure pattern formation on panel paintings. In *Studies in Conservation*, 61(6), pp. 324-330. <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1140428>.

- Lanzara, E., Fatigati, G., Guardascione, S., Rapicano M.T. (2024a). VPL geometry processing for open multilevel and multiscale databases. In *ISPRS*. Vol. XLVIII-2/W8-2024, pp. 273-280. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W8-2024-273-2024>.
- Lanzara, E., Somma, P. I., Terriccio, M. (2024b). Scan to VPL Image Processing. Overlaps and disconnections in the work of Salvatore Emblema. In *Paesaggio Urbano*, n. 1, 2024, pp. 18-31. https://www.paesaggiourbano.org/wp-content/uploads/2024/09/PU024_01_03_Lanzara_.pdf.
- Malgieri, A. C. (2024). *San Francesco che mostra la regola. Fenomenologia di un dipinto*. Tesi di Laurea Magistrale in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, relatori: prof.sse A. Aprile, P. I. Somma; correlatori: E. Lanzara, P. Cennamo, G. Trojsi, S. Causa, Dipartimento di Scienze Umanistiche, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli.
- Maria T. (7 luglio 2020). La craquelure e la sua analisi: un approccio originale per osservare i quadri. In *WALL:OUT. Genova web magazine*. <https://walloutmagazine.com/la-craquelure-e-la-sua-analisi-un-approccio-originale-per-osservare-i-quadri/>.
- Mecklenburg, M.F., Tumosa, C.S. (1991). Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity. In M.F. Mecklenburg (Ed.). *Art in transit*, pp.172-214. Washington, D.C.: National Gallery of Art. <https://hdl.handle.net/10088/35974>.
- Mecklenburg, M.F. (1982). *Some Aspects of the Mechanical Properties of Fabric-Supported Paintings*. Washington, DC: Smithsonian Institution. <https://hdl.handle.net/10088/55639>.
- Olson, R. (17 settembre 2020). *What is Ekphrasis? Definition & Examples*. Oregon State University. <https://liberalarts.oregon-state.edu/wlf/what-ekphrasis>.
- Paolini, C. (2024). *Analisi dei cretti*. Corso di Diagnostica per i Beni Culturali, Media, Arti, Culture (LM-65). Dipartimento di Scienze della comunicazione, Università di Teramo. <https://elearning.unite.it/course/view.php?id=4920>.
- Roby, C. (2013). L'ekphrasis e l'immaginazione scientifica in Tolomeo. In *Estetica. Studi e Ricerche*. http://www.esteticastudiericerche.com/index.php?option=com_content&view=article&id=149:lekphrasis-e-limmaginazione-scientifica-in-tolomeo&Itemid=2&lang=en.
- Sidorov, O., Hardeberg, J. (2019). Craquelure as a Graph: Application of Image Processing and Graph Neural Networks to the Description of Fracture Patterns. In *Proceedings of IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCV 2019)*, Seoul, Korea, October 27 - November 2, 2019, pp. 1429-1436. <https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/iccvw/2019/502300b429/1i5mwvZITU4>.
- Townsend Trowbridge, J. (1899). WIRELESS TELEGRAPHY. In *Popular Science Monthly*, Vol. 56, November 1899, pp. 67-81. en.wikisource.org/wiki/Popular_Science_Monthly/Volume_56/November_1899/Wireless_Telegraphy.
- Verdicchio, M. (2024). Ekphrasis and prompt engineering. A comparison in the era of generative AI. In *Studi di estetica*, anno LIII, IV serie, n. 28, 1, pp. 59-78. 10.7413/1825864661.
- Weyer, A., Roig Picazo, P., Pop, D., Cassar, J., Özköse, A., Vallet, J.M., Srša, I. (Eds.). *EwaGlos. European Illustrated Glossary of Conservation Terms for Wall Paintings and Architectural Surfaces*. Hildesheim/Holzminden/Göttingen: HAWK. <http://dx.doi.org/10.5165/hawk-hhg/233>.
- Wigfield, E. A. (1998). Examination of a painted craquelure on a 17th century Dutch marine painting attributed to Willem van de Velde the younger: A case study. In *The Conservator*, 22:1, pp. 17-25. <https://doi.org/10.1080/01410096.1998.9995123>.
- Zabari, N. (2021). Analysis of craquelure patterns in historical The Conservator painting using image processing along with neural network algorithms. In H. Liang, R. Groves (Eds). *Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VIII*. Proceedings Volume 11784 of Spie Optical Metrology, Online Only, Germany, 21-26 june 2021. <http://doi.org/10.1117/12.2593982>.
- Zohu, K. (n.d.). *Physics Olympiad Handouts. Preliminary Problems*. knzhou.github.io/handouts/Prelim.pdf.

Authors

Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, emanuela.lanzara@unisob.na.it
 Anna Chiara Malgieri, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, annachiara.malgieri@studenti.unisob.na.it
 Patrizia Irena Somma, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, patrizia.somma@unisob.na.it
 Annadele Aprile, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, annadele.aprile@unisob.na.it

To cite this chapter Emanuela Lanzara, Anna Chiara Malgieri, Patrizia Irena Somma, Annadele Aprile (2025). *Ekphrasis&Conservation. Algorithmic-Generative Phenomenology of the Craquelure of Canvas Paintings*. In L. Carlevaris et al. (Eds.). *Ekphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ekphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3839-3858. DOI: 10.3280/oa-1430-c955.