

PUBBLICAZIONE TRIMESTRALE

ISSN: 2279-9737

Rivista
di Diritto Bancario

dottrina
e giurisprudenza
commentata

LUGLIO/SETTEMBRE

2023

rivista.dirittobancario.it

DIREZIONE

DANNY BUSCH, GUIDO CALABRESI, PIERRE-HENRI CONAC,
RAFFAELE DI RAIMO, ALDO ANGELO DOLMETTA, GIUSEPPE FERRI
JR., RAFFAELE LENER, UDO REIFNER, FILIPPO SARTORI,
ANTONELLA SCIARRONE ALIBRANDI, THOMAS ULEN

COMITATO DI DIREZIONE

FILIPPO ANNUNZIATA, PAOLOEFISIO CORRIAS, MATTEO DE POLI,
ALBERTO LUPOI, ROBERTO NATOLI, MADDALENA RABITTI,
MADDALENA SEMERARO, ANDREA TUCCI

COMITATO SCIENTIFICO

STEFANO AMBROSINI, SANDRO AMOROSINO, SIDO BONFATTI,
FRANCESCO CAPRIGLIONE, FULVIO CORTESE, AURELIO GENTILI,
GIUSEPPE GUIZZI, BRUNO INZITARI, MARCO LAMANDINI, DANIELE
MAFFEIS, RAINER MASERA, UGO MATTEI, ALESSANDRO
MELCHIONDA, UGO PATRONI GRIFFI, GIUSEPPE SANTONI,
FRANCESCO TESAURO+

COMITATO ESECUTIVO

ROBERTO NATOLI, FILIPPO SARTORI, MADDALENA SEMERARO

COMITATO EDITORIALE

GIOVANNI BERTI DE MARINIS, ANDREA CARRISI, ALESSANDRA
CAMEDDA, GABRIELLA CAZZETTA, PAOLA DASSISTI, ALBERTO
GALLARATI, EDOARDO GROSSULE, LUCA SERAFINO LENTINI
(SEGRETARIO DI REDAZIONE), PAOLA LUCANTONI, EUGENIA
MACCHIAVELLO, UGO MALVAGNA, ALBERTO MACER, MASSIMO
MAZZOLA, EMANUELA MIGLIACCIO, FRANCESCO PETROSINO,
ELISABETTA PIRAS, CHIARA PRESCIANI, FRANCESCO QUARTA,
CARMELA ROBUSTELLA, GIULIA TERRANOVA

COORDINAMENTO EDITORIALE

UGO MALVAGNA

DIRETTORE RESPONSABILE

FILIPPO SARTORI

NORME PER LA VALUTAZIONE E LA PUBBLICAZIONE

LA RIVISTA DI DIRITTO BANCARIO SELEZIONA I CONTRIBUTI OGGETTO DI PUBBLICAZIONE SULLA BASE DELLE NORME SEGUENTI.

I CONTRIBUTI PROPOSTI ALLA RIVISTA PER LA PUBBLICAZIONE VENGONO ASSEGNATI DAL SISTEMA INFORMATICO A DUE VALUTATORI, SORTEGGIATI ALL'INTERNO DI UN ELENCO DI ORDINARI, ASSOCIATI E RICERCATORI IN MATERIE GIURIDICHE, ESTRATTI DA UNA LISTA PERIODICAMENTE SOGGETTA A RINNOVAMENTO.

I CONTRIBUTI SONO ANONIMIZZATI PRIMA DELL'INVIO AI VALUTATORI.

LE SCHEDE DI VALUTAZIONE SONO INVIATE AGLI AUTORI PREVIA ANONIMIZZAZIONE.

QUALORA UNO O ENTRAMBI I VALUTATORI ESPRIMANO UN PARERE FAVOREVOLE ALLA PUBBLICAZIONE SUBORDINATO ALL'INTRODUZIONE DI MODIFICHE AGGIUNTE E CORREZIONI, LA DIREZIONE ESECUTIVA VERIFICA CHE L'AUTORE ABBA APPORTATO LE MODIFICHE RICHIESTE.

QUALORA ENTRAMBI I VALUTATORI ESPRIMANO PARERE NEGATIVO ALLA PUBBLICAZIONE, IL CONTRIBUTO VIENE RIFIUTATO. QUALORA SOLO UNO DEI VALUTATORI ESPRIMA PARERE NEGATIVO ALLA PUBBLICAZIONE, IL CONTRIBUTO È SOTTOPOSTO AL COMITATO ESECUTIVO, IL QUALE ASSUME LA DECISIONE FINALE IN ORDINE ALLA PUBBLICAZIONE PREVIO PARERE DI UN COMPONENTE DELLA DIREZIONE SCELTO RATIONE MATERIAE.

Rivista | dottrina
di Diritto Bancario | e giurisprudenza
commentata

SEDE DELLA REDAZIONE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO, FACOLTÀ DI GIURISPRUDENZA, VIA VERDI 53,
(38122) TRENTO – TEL. 0461 283836

Recenti evoluzioni dei contratti sulla blockchain. Dagli smart legal contracts ai ‘contracts on chain’*

SOMMARIO: Introduzione. Sezione I – Incerti confini definitivi. 1. Smart Contract (code) e Smart Legal Contract. 2. Le impostazioni in dottrina. 3. Il ciclo di vita degli smart legal contracts. 4. Problemi aperti. Sezione II – Dagli smart legal contracts ai Contracts on Chain. 5. Le esigenze da cui si muove. 6. Le caratteristiche delle blockchain di terza generazione e la loro rilevanza. 7. Piattaforme logiche su blockchain public. Sezione III - Contracts on Chain: smart legal contracts e public chain. Un’indagine empirica. 8. Le caratteristiche di Contracts on Chain. Premessa. 9. Identificazione e capacità di agire. 10. La formazione del contratto: trattative. 11. Il procedimento di conclusione di contracts on chain. Accordo e forma. 12. Segue: Efficacia probatoria. 13. Collegamento negoziale. 14. Esecuzione. 15. Modifica del contratto. 16. Soluzione delle controversie. 17. Conclusioni.

Introduzione

Lo smart contract nasce nel 1994, ideato da Nick Szabo per descrivere il trasferimento di alcuni beni in esecuzione di un algoritmo¹. Solo nel 2008 però Nakamoto ha creato un token (il bitcoin) e per farlo circolare su una infrastruttura (la blockchain) ha dato forma all’idea di Szabo, costruendo uno strumento: lo smart contract, appunto. Nella sua accezione più nota, quindi, lo smart contract consiste in linee di codice che fanno funzionare la blockchain - anch’essa creata con questa unica funzione – al fine di spostare su di essa un asset tokenizzato.

Per superare alcuni limiti della bitcoin blockchain, sono nate le blockchain di seconda generazione (Ethereum la principale). Al di là

* Questo lavoro è frutto di una riflessione comune ai due autori. Sono comunque attribuibili a Fabio Bassan i paragrafi 1-7 e a Maddalena Rabitti i paragrafi 8-17.

¹ Szabo ha definito lo smart contract come una transazione computerizzata che esegue i termini di un contratto, come ad esempio accade con un POS. In un Post del 1994 N. SZABO, *Smart Contract* (1994) chiariva che: “The general objectives of smart contract design are to satisfy common contractual conditions (such as payment terms, liens, confidentiality, and even enforcement) minimize exceptions both malicious and accidental and minimize the need for trusted intermediaries. Related economic goals include lowering fraud loss, arbitration and enforcement costs, and other transaction costs”. Si veda sul punto la ricostruzione di M. MAUGERI, *Smart Contracts e disciplina dei contratti*, Bologna, 2021.

delle differenze sul piano tecnologico (pure significative), è sul piano concettuale che con esse la blockchain si evolve: non più uno strumento funzionale alla circolazione di un unico asset, ma un ambiente creato per far circolare un numero di assets indefiniti. Anche lo smart contract si evolve di conseguenza: in primo luogo anch'esso è strumentale non più a un asset (il bitcoin) ma a un'infrastruttura (la blockchain su cui opera); in secondo luogo, assume forme e caratteristiche diverse (anche molto diverse tra loro), in ragione degli oggetti che vengono tokenizzati, delle operazioni che consente e del modo in cui queste avvengono. Nonostante questa evoluzione sul piano costitutivo e funzionale, lo smart contract consiste ancora solo in linee di codice. Quando applicato in ambito legale, lo smart contract diviene funzionale a regolare in modo automatico alcuni profili di rapporti negoziali tra i soggetti che operano sulla blockchain; in ragione di questo specifico ambito di applicazione, viene definito 'smart legal contract'. Sullo smart legal contract la dottrina giuridica, in parte suggestionata dal nome, si è esercitata, elencandone le caratteristiche, sottolineando le differenze con gli smart contracts (not legal) e ha provato a qualificarlo alla luce del diritto dei contratti, in cui però è evidente, linee di codice si inseriscono con difficoltà. Ciò nonostante, vi è chi ha identificato gli smart contracts con i contratti e chi è andato oltre ritenendo che essi possano ora costituire un'alternativa al diritto dei contratti².

La terza evoluzione, che caratterizza alcune blockchain attuali (che chiameremo di 'terza generazione'), trasforma l'ambiente blockchain in un'infrastruttura efficiente, che supera i limiti delle generazioni precedenti: è open source, è progettata per evolversi, ed è flessibile al punto da consentire il ricongiungimento tra l'ambiente blockchain e la vita reale: tra il linguaggio rappresentato da linee di codice e il linguaggio naturale. Questa ulteriore modifica sul piano tecnologico ha grande rilievo teorico e pratico perché consente – come si cercherà di dimostrare – un ampio ricorso agli *smart contracts* in diversi campi, creando le condizioni per utilizzare le tecnologie in modo proficuo sul piano negoziale, senza condizionamenti ideologici ma al solo fine di offrire al mercato nuove opportunità. Combinando una digitalizzazione

² A. SAVELYEV, *Contract Law 2.0: "Smart" Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law*, Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 71/LAW/2016, in *SSRN Electronic Journal*, 2016, 1-24.

del procedimento negoziale sulla blockchain con gli *smart contracts*, sembra oggi possibile consentire alle parti di negoziare un accordo, concludere un contratto in modo trasparente, eseguirlo in modo efficiente e comparabile con quanto avviene fuori dalla blockchain.

L'idea è cioè di creare un nuovo procedimento negoziale, che possiamo definire “Contracts on Chain”, il quale tramite tecnologia, diritto e legal design possa accompagnare la transizione in atto recependo quell'auspicio dell'Unione Europea di innovare ricorrendo a smart contract “affidabili”³.

Il passaggio dal Web2 (le attuali piattaforme digitali) al Web3 (DLT, blockchain), come ogni fase di transizione, deve essere accompagnato da scelte di valore perché non produca effetti negativi nel lungo periodo⁴. Da questa prospettiva si ritiene che, al di là degli slogan sui benefici sia di una disintermediazione e decentralizzazione assoluta come forma di governance⁵, sia dell'inopportunità di regolare per non

³ Il concetto di affidabilità dello smart contract è ricorrente nella produzione normativa del legislatore europeo. In particolare, nel Regolamento (UE) 2022/858 del 30 maggio 2022 relativo a un regime pilota per le infrastrutture di mercato basate sulla tecnologia a registro distribuito (DLT Pilot Regime), il legislatore riconosce che la prassi evidenzia che “non sono stati imposti requisiti di trasparenza, affidabilità o sicurezza ai protocolli agli «smart contract»” (Considerando n. 5) e che dispositivi informatici e cibernetici efficaci riguardanti l'uso della tecnologia a registro distribuito dovrebbero garantire, tra l'altro, l'affidabilità di eventuali smart contract utilizzati nell'infrastruttura di mercato DLT (Considerando n. 41 e art. 7, par. 4). Nella Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo (Data Act), l'art. 30 elenca le “prescrizioni essenziali relative agli smart contracts per la condivisione dei dati”: a) robustezza; b) cessazione e interruzione sicure; c) archiviazione e continuità dei dati; d) controllo dell'accesso.

⁴ Per un'illustrazione sintetica degli elementi che caratterizzano il passaggio si rinvia a F. BASSAN, *Web 3 in Transition*, in *CPI-Tech Cronicle*, 2023.

⁵ In merito, si vedano: A. WRIGHT - P. DE FILIPPI, *Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia*, in *SSRN Electronic Journal*, 2015, 15-17. Gli Autori considerano le grandi organizzazioni gerarchiche, imperfette e inefficienti a causa: di un'eccessiva centralizzazione, di un processo decisionale delegato, della c.d. regulatory capture e della possibilità di corruzione. Al contrario, “with the blockchain, most of these imperfections could evaporate. Interactions and organizations can be predefined by smart contract, and people or machines can interact without having to trust the other party. Trust does not rest with the organization, but rather within the security and auditability of the underlying code, whose operations can be scrutinized by millions of eyes”. Analogamente, G. PAQUET

frenare l'innovazione digitale⁶, l'esperienza già più matura fatta con l'IA induca a ritenere necessario prevedere regole e strumenti di carattere negoziale per prevenire rischi altrimenti non gestibili⁷.

- C. WILSON, *Governance failure and the avatars of the antigovernment phenomena*, in *CoG Working Paper*, 2015, 16-27. In una prospettiva più dialettica si veda: M. ATZORI, *Blockchain Technology and Decentralized Governance: Is the State Still Necessary?*, in *Journal of Governance and Regulation*, Vol. 6, Issue 1, 2017, 15 - 21 e 25 – 32, che pur individuando i rischi che potrebbero superare i benefici di un sistema di governance decentralizzato, riconosce i vantaggi per i cittadini/utenti derivanti dall'utilizzo di blockchain (però, solo permissioned), da valutare secondo un approccio maturo e interdisciplinare.

⁶ Queste considerazioni vengono soprattutto dal mercato. Si veda, ad esempio, la lettera aperta (disponibile sul sito https://assets-global.website-files.com/637359c81e22b715cec245ad/643d40b6f87a976691ad2093_Polygon%20Labs%20-%20Open%20Letter%20on%20the%20Data%20Act.pdf) pubblicata il 17 Aprile 2023 da Polygon Labs e indirizzata al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo e alla Commissione Europea, con cui si chiedeva di modificare la formulazione dell'articolo 30 della Proposta di Data Act, al fine di circoscriverne l'applicazione ai soli sistemi basati su smart contract permissioned posseduti e gestiti da un'impresa, escludendo quelli permissionless. Nella lettera si legge che "Polygon Labs has an interest in this matter because we seek to ensure the growth and responsible development of permissionless blockchain-based systems globally. [...] We seek to ensure that software developers, both in the European Union ("EU") and abroad, can continue to innovate with smart contracts." Nello specifico, le contestazioni di Polygon Labs riguardavano (i) "The party offering smart contracts" e (ii) la garanzia di "safe termination and interruption": "Without a more precise definition of both [...] art. 30's preamble will inadvertently capture a significant number of smart contracts, many of which have no "party offering" them and, as such, will not have the ability to comply with the requirements in Art. 30, including and especially the requirement that such smart contract systems have the ability to be "terminated or interrupted". [...] Critically, Art. 30 as drafted would not be enforceable for open, permissionless and decentralized smart contract applications and would substantially inhibit innovation and economic growth in the EU, in direct contravention of the intention behind the EU's Markets in Cryptoassets regulation ("MiCA)".

⁷ Sulla Proposta di Regolamento AI ACT la letteratura è già amplissima e non si ha alcuna pretesa di esaustività nel richiamare qui di seguito alcuni autori. Per una riflessione sul ruolo dell'Intelligenza Artificiale e sulla regolamentazione del fenomeno nella nostra dottrina A. SIMONCINI, *Verso la regolamentazione della Intelligenza Artificiale. Dimensioni e governo*, in *BioLaw Journal*, fasc. 2, 2021, 411-417; A. SIMONCINI, E. CREMONA, *L'AI fra il pubblico e il privato*, in *DPCE Online*, 1, 2022, 253-271, spec. 263: secondo i quali, a fronte di strumenti regolatori di nuova generazione (soft-law, codici etici, linee guida o best-practices), la Proposta di Regolamento sull'Intelligenza Artificiale "sceglie come impostazione regolativa il

cosiddetto “risk-based approach” [...] la regolazione della tecnologia richiede una anticipazione rispetto ad eventi che siamo abituati a regolare classicamente ex post. In moltissimi casi, quando una certa soluzione tecnologica è già stata adottata o realizzata, diviene estremamente difficile condizionarne – o impedirne – l’uso attraverso norme e sanzioni di natura pubblica. Occorre sempre più spesso anticipare la protezione dei beni giuridici alla fase di progettazione (protection by design), ovvero rendere il rispetto delle norme incorporato nelle funzioni automatiche (protection by default) delle stesse soluzioni tecnologiche”. A. REICHMAN - G. SARTOR, *Algorithms and Regulation*, in H.-W. Micklitz, O. Pollicino, A. Reichman, A. Simoncini, G. Sartor e G. De Gregorio (a cura di), *Constitutional Challenges in the Algorithmic Society*, Cambridge, 2022, 131 ss.; M. MACCHIA - A. MASCOLO, *Intelligenza artificiale e regolazione*, in A.P.F. Donati (a cura di), *Intelligenza artificiale e diritto: una rivoluzione?*, Il Mulino, 2022, 99-130; F. FAINI, *Intelligenza artificiale e regolazione giuridica: il ruolo del diritto nel rapporto tra uomo e macchina*, in *Rivista di diritto pubblico italiano, comparato europeo*, 2023, 1-29, spec. 14; R. LENER, *Intelligenza artificiale e interazione umana nel robo-advice*, in *Riv. trim. dir. econ.*, Supplemento 3, 2021, 101 ss.; F. MATTASSOGLIO, *Algoritmi e regolazione: mito o realtà*, in *I luoghi dell’economia. Le dimensioni delle sovranità*, A. Antonucci, M. De Poli e A. Urbani (a cura di), Torino, 2019, 57 ss.. In generale sulla Proposta AI ACT, v., anche nella letteratura internazionale: C. CASONATO, B. MARCHETTI, *Prime osservazioni sulla proposta di regolamento dell’Unione europea in materia di intelligenza artificiale*, in *BIO LAW JOURNAL*, FASC. 3, 2021; N. SMUHA, - E. AHMED-RENGERS - A. HARKENS, - W. LI - J. MACLAREN, R. PISELLI, K. YEUNG, *How the EU Can Achieve Legally Trustworthy AI: A Response to the European Commission’s Proposal for an Artificial Intelligence Act (August 5, 2021)*, SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3899991>; M. EBERS, *Standardizing AI - The Case of the European Commission's Proposal for an Artificial Intelligence Act (August 6, 2021)*, in *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence: Global Perspectives on Law and Ethics*, SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3900378>; M. VEALE - B. ZUIDERVEEN - F. BORGESIU, *Demystifying the Draft EU Artificial Intelligence Act (July 31, 2021)* in *Computer Law Review International* (2021) 22(4) 97-112; M. ALMADA - N. PETIT, *The EU AI Act: Between Product Safety and Fundamental Rights* (December 20, 2022), SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4308072>; J. LAUX - S. WACHTER - B. MITTELSTADT, *Trustworthy Artificial Intelligence and the European Union AI Act: On the Conflation of Trustworthiness and the Acceptability of Risk* (September 26, 2022), SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4230294>; N. HALIM - U. GASSER, *Vectors of AI Governance - Juxtaposing the U.S. Algorithmic Accountability Act of 2022 with The EU Artificial Intelligence Act* (May 9, 2023), SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4476167>. Per un approfondimento sul tema applicato alla finanza sia consentito rinviare a A. SCIARRONE ALIBRANDI, M. RABITTI, G. SCHNEIDER, *The European AI Act’s Impact on Financial Markets: From Governance to Co-Regulation* (April 11, 2023), *European Banking Institute Working Paper Series 2023* - no. 138, SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4414559>. Per un’applicazione dell’intelligenza artificiale negli smart contracts si veda: A. Kolber, *Not-So-Smart*

Contracts on chain, come si cercherà di dimostrare, potrebbe rappresentare una novità che però riesce a creare un ponte tra vecchio e nuovo⁸.

In premessa, si ritiene utile circoscrivere l'ambito dell'indagine sotto un triplice profilo. In primo luogo, la prospettiva assunta è quella "europea", che da un lato ha come framework normativo di riferimento il sistema di Civil Law e non quello di Common Law e, dall'altro lato, si giova di un percorso definito dalle istituzioni europee che, per quanto non ancora concluso, è chiaro nella direzione e negli obiettivi⁹. In secondo luogo, si limiterà l'esame al settore finanziario e ad applicazioni Fintech, ritenendo che ad oggi sia questo l'ambito più sviluppato e che, al contempo, riceve anche grande attenzione dal legislatore europeo e dai regolatori¹⁰. Inoltre, la letteratura internazionale in questa materia è già significativa. In terzo luogo, e quanto al piano della tecnologia, si è scelto di operare su una blockchain *public* di terza generazione¹¹, le cui caratteristiche tecniche consentono l'utilizzo di strumenti nuovi, di cui i contracts on chain si avvalgono.

Su queste blockchain *public*, si ipotizza la creazione di 'piattaforme logiche' che, analogamente a quanto avviene oggi sul cloud,

Blockchain Contracts And Artificial Responsibility in 21 *Stan. Tech. L. Rev.* 198 (2018).

⁸ La ricerca applicata sui contracts on chain ha dato origine a questo lavoro, che ne sintetizza i profili principali, nonché a una più ampia monografia in lingua inglese (*'Contracts on Chain'*) che verrà pubblicata per Edward Elgar.

⁹ Secondo taluni, per massimizzare le potenzialità degli smart contract e garantire al contempo il livello minimo di tutela del mercato e dei loro utilizzatori, la Commissione europea avrebbe adottato il c.d. "law + technology approach". Sul punto si veda T. SCHREPEL (European Commission), *Smart Contracts and the Digital Single Market Through the Lens of a "Law + Technology" Approach*, 2021.

¹⁰ Il 24 settembre 2020 la Commissione europea ha adottato il pacchetto sulla finanza digitale ("Digital Finance Strategy") che comprende strategie per la finanza digitale ("Digital Finance Strategy") e i pagamenti al dettaglio ("Retail Payments Strategy"), nonché proposte legislative sui cripto-asset (Regolamento MiCA) e sulla resilienza digitale (Regolamento DORA), oggi in vigore, che offrono strumenti per supportare e incentivare il processo di digitalizzazione della finanza. Su un piano trasversale ai settori, la Proposta di regolamento "Data Act" che – come si vedrà – definisce alcune caratteristiche degli smart contracts, non ha ancora completato l'iter legislativo.

¹¹ Intendiamo qui Bitcoin come blockchain di prima generazione, ed Ethereum come infrastruttura di seconda generazione. Le blockchain di terza generazione hanno caratteristiche innovative che descriviamo nel par. 6.

consentono un controllo sull'accesso e sulle attività svolte sulla piattaforma¹². Questo modello tecnologico valorizza le potenzialità della blockchain *public* garantendo, al contempo, il controllo tipico della blockchain *private*¹³: è l'unico che, allo stato attuale dell'evoluzione tecnologica, consente un uso coerente con il modello che andiamo a descrivere¹⁴. Questo modello previene la deriva della decentralizzazione senza controllo della DAO (Decentralized Autonomous Organization), poiché qui decentralizzata (più o meno, a seconda delle tecnologie) è la blockchain sottostante, ma non anche la piattaforma logica che vi opera. Da qui, il passaggio, che ha riflessi non solo teorici ma anche pratici, da una finanza decentralizzata (De-Fi) a una distribuita (Di-Fi), in quanto costituita da diverse piattaforme

¹² Illustriamo diffusamente questo schema nel par. 7.

¹³ Le DLT o le blockchain *private* sono caratterizzate da un'autorità centrale che controlla tutte le operazioni che avvengono all'interno della rete. Infatti, l'accesso alla rete è limitato, in termini qualitativi e/o quantitativi, agli elementi e ai soggetti che l'autorità centrale di controllo autorizza; inoltre, l'accesso al registro delle transazioni e a qualsiasi altra informazione è privato. Sul piano tecnico, le decisioni che riguardano l'accesso e i limiti operativi spettano a un numero determinato di nodi, che possono prevedere regole specifiche per l'utilizzo della blockchain. Le DLT/blockchain *private* garantiscono quindi protezione del dato personale, che non circola su una infrastruttura accessibile a tutti, ma hanno limiti sul piano della sicurezza, della scalabilità, dell'interoperabilità. Le blockchain *public* offrono maggiori garanzie (in misura diversa, a seconda delle caratteristiche di ciascuna) sul piano della sicurezza, scalabilità, decentralizzazione, sono trasparenti *by design*. Le piattaforme logiche su blockchain *public* massimizzano quindi i vantaggi delle infrastrutture *public*, e garantiscono al contempo la protezione dei dati e delle transazioni come nelle blockchain *private* (*infra*, par. 7).

¹⁴ Contracts on chain mette in valore le caratteristiche di alcune *public* blockchain, ma acquista efficienza ed efficacia esponenziali quando inserito in una piattaforma logica ad accesso controllato, come si cercherà di dimostrare nei paragrafi successivi. Abbiamo concepito, elaborato e sviluppato Contracts on Chain a partire dal 2019 su una blockchain *private* (Hyperledger Fabric), mettendone alla prova potenzialità e limiti. In particolare, a fronte di un controllo semplice della gestione dei dati personali, conseguenza della centralizzazione del controllo, la blockchain privata non forniva garanzie adeguate sulla sicurezza (a meno di investimenti ingentissimi) e non consentiva scalabilità adeguata, né velocità di esecuzione. Anche i costi di transazione erano elevati. Abbiamo quindi iniziato, nel 2022, a sviluppare Contracts on Chain su una blockchain *public* (Algorand).

logiche che operano su una o più blockchain *public*, tra loro collegate secondo un modello, appunto, distribuito¹⁵.

Infine, vi è un'ultima ragione che spiega la scelta: questo lavoro si inserisce in un filone di ricerca che muove da un modello di 'regolazione partecipata'¹⁶, che sul piano metodologico comporta che nelle blockchain e negli smart contracts occorre che informatici e giuristi sin dall'inizio cooperino per sviluppare la tecnologia secondo condizioni e requisiti minimi condivisi conformi e coerenti con un livello adeguato di tutele. Nei settori regolati, questa esigenza si rafforza ulteriormente, coinvolgendo necessariamente anche il regolatore, con il duplice obiettivo, da un lato, di definire un set di regole e standard adeguati cui il mercato possa affidarsi nella creazione di nuovi prodotti e servizi, riempiendo di contenuti concreti le condizioni elevate che iniziano ad essere imposte dalla normativa europea (laddove, ad esempio, il DLT PILOT richiede che gli smart contract siano "affidabili" e la Proposta di Data ACT che siano interoperabili, che siano in grado di garantire robustezza, che vi sia possibilità di interrompere l'esecuzione se vi è rischio per i dati e di archiviazione dei dati relativi alle transazioni, che sia garantito il controllo dell'accesso), e dall'altro di farlo in modo compatibile con le esigenze del mercato. Non si tratta, dunque, di applicare l'auto-

¹⁵ Si rinvia sul punto a F. BASSAN, *From De-Fi to Di-Fi: Distributed Finance on Decentralized Blockchain*, in corso di pubblicazione.

¹⁶ La 'regolazione partecipata' è la concettualizzazione di un modello di regolazione che si va affermando nell'Unione Europea, soprattutto nel Web3, e che vede un coinvolgimento di istituzioni, regolatori, università, mercato, nella definizione di regole, standard e linee guida sin dalla fase iniziale dello sviluppo di un prodotto sulla blockchain. Questo consente da un lato di rendere più veloce l'immissione dei prodotti sul mercato (sia pure, un mercato 'sorvegliato', come avviene nel regime DLT Pilot), e dall'altro di garantire sin dalla fase di design un livello minimo di diritti e tutele che il legislatore o il regolatore ritengono necessarie e adeguate. Il ruolo del regolatore è qui decisivo, perché la legislazione europea, adottata ormai costantemente mediante regolamenti, è direttamente applicabile in tutti gli Stati membri ma, proprio per questa ragione, manca spesso di elementi di dettaglio (non è sempre self-executing). Questo vuoto di regole applicative viene colmato non dal legislatore (cui è precluso il recepimento del regolamento) ma dal regolatore, che interviene spesso con atti di soft law (linee-guida, standard, codici di condotta) che diventano poi vincolanti man mano che il mercato li fa propri, autovincolandocisi. Sul punto, si rinvia a F. Bassan, *Digital Platforms and Blockchains: The Age of Participatory Regulation*, *European Business Law Review*, 2023, 7.

regolazione anglosassone, ma neanche la co-regolazione europea nella sua accezione classica¹⁷. Come si è detto, lo strumento è quello che definiamo ‘regolazione partecipata’, per cui le regole giuridiche vengono definite in fase di sviluppo della tecnologia dal mercato e dai regolatori.

In questo lavoro, si muove dalle premesse sopra indicate per provare a delineare un nuovo meccanismo negoziale che consenta di perseguire gli obiettivi contrattuali nel rispetto dei requisiti minimi di tutela imposti dal legislatore europeo o individuati dal regolatore nazionale in relazione a certi tipi di contratto.

In questa prospettiva si proverà ad applicare il modello dei Contracts on chain ad alcuni schemi contrattuali noti (e in particolare ai contratti di escrow), in cui sono imposti obblighi di condotta, informazione e contenuto del contratto a tutela dell’equilibrio negoziale e che sono spesso standardizzati. Questi schemi contrattuali, scelti tra i tanti possibili, ci aiuteranno a spiegare in concreto le differenze tra gli smart legal contracts attuali e i contracts on chain, evidenziando la portata innovativa di questi ultimi, pur inserita in una linea di continuità.

Questo articolo presenta la seguente struttura. Nella prima sezione descriviamo le differenze tra gli smart contract nelle tre generazioni di blockchain, e le differenze tra smart contracts e smart legal contract. Illustriamo poi sinteticamente le caratteristiche degli smart legal contracts, alla luce anche della dottrina giuridica che se ne è occupata, richiamando la ricostruzione che abbiamo contribuito a elaborare nel lavoro presentato da Banca d’Italia per una *public hearing* il 23 giugno 2023 e attualmente in corso di pubblicazione, all’esito dei commenti ricevuti¹⁸. Questa prima parte del contributo è strumentale a definire il

¹⁷ Secondo una definizione ampiamente condivisa, la co-regolazione nell’Unione europea è ‘the mechanism whereby a Community legislative act entrusts the attainment of the objectives defined by the legislative authority to parties which are recognized in the field (such as economic operators, the social partners, non-governmental organizations, or associations)’. Una definizione normativa settoriale si rinviene poi nella Comunicazione della Commissione europea: *Le piattaforme online e il mercato unico digitale Opportunità e sfide per l’Europa*, COM/2016/0288 final.

¹⁸ Banca d’Italia, insieme all’Università Cattolica e all’Università Roma Tre ha redatto un documento, intitolato ‘Le caratteristiche degli smart contracts nei settori bancario, finanziario e assicurativo’, che individua lo stato dell’arte e della dottrina sugli smart contracts, gli smart legal contracts, le blockchain *public* e *private*, con le

framework in cui collocare Contracts on chain e ad assumere una posizione all'interno dell'ancora incerto dibattito che accompagna, a partire dal piano delle definizioni, il concetto di smart contract.

Nella seconda sezione muoviamo dall'evoluzione tecnologica più significativa, rappresentata dal sistema delle blockchain di terza generazione, per illustrare come le caratteristiche di queste blockchain, specie se *public*, consentano un procedimento di negoziazione, conclusione ed esecuzione del contratto direttamente sulla blockchain, dando vita al “Contract on chain”, che sembra portare vantaggi significativi soprattutto sul piano giuridico. In questo procedimento, lo smart legal contract assume la funzione di strumento tecnico che consente – se inserito in un procedimento negoziale che si sviluppa tutto sulla blockchain – la negoziazione, la conclusione, l'esecuzione (parziale) del contratto; che riduce i rischi di inadempimento e potenzialmente può risolvere le controversie; che può collegare tra loro i contratti in modo nativo e automatico. L'utilizzo dello smart legal contract, in questa prospettiva, permette al contratto non solo di essere concluso sulla rete, ma anche di vivere su di essa, assumendo caratteristiche ulteriori rispetto ai contratti conclusi in modo tradizionale. Infine, si proverà ad illustrare le conseguenze del cambiamento che quest'ultima evoluzione può consentire, i problemi che risolve, le opportunità che offre.

Un'ultima premessa metodologica è necessaria. Questo lavoro illustra le potenzialità di uno strumento (contracts on chain) all'interno di uno specifico ambiente, (blockchain public e piattaforma logica come sovrastruttura) tecnologico e di regolazione, in cui si ritiene possa meglio spiegare i suoi effetti e sviluppare le proprie caratteristiche innovative, pur in un percorso di continuità con gli strumenti attualmente a disposizione (smart legal contracts). Non s'intende invece

rispettive caratteristiche. Il lavoro si trova al seguente link: <https://www.bancaditalia.it/media/notizia/consultazione-pubblica-su-documento-di-lavoro-relativo-alla-prima-fase-dell-attivita-di-ricerca-sugli-smart-contract/>. Questa prima parte del lavoro è in corso di pubblicazione, all'esito della consultazione pubblica. Seguirà poi una seconda parte che indicherà linee-guida e standard che gli smart contracts potranno seguire per essere compliant, *ab origine*, con la disciplina di settore, secondo la metodologia della ‘regolazione partecipata’. Questo lavoro, cui gli Autori di questo articolo stanno partecipando, verrà più volte richiamato in questo articolo, come riferimento dello stato dell'arte, soprattutto in relazione alle impostazioni dottrinali.

sostenere che ‘contracts on chain’ sia uno strumento valido con qualunque tecnologia blockchain e in qualunque ambiente o settore.

Sezione I - *Incerti confini definitivi*

Come si è altrove chiarito¹⁹, “gli smart contract costituiscono ad oggi l’applicazione più diffusa della tecnologia a registro distribuito (c.d. DLT), insieme alle valute virtuali (cd. criptovalute) e alla tokenizzazione di asset”²⁰. L’espressione “smart contract” è ormai associata alle piattaforme blockchain²¹, che consentono l’esecuzione di

¹⁹ Vedi *supra* nota 18.

²⁰ Vedi *supra*, nota 18. Inoltre: OECD, *The Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets* (2020). URL: <https://www.oecd.org/finance/The-Tokenisation-of-Assets-and-Potential-Implications-for-Financial-Markets.pdf>

²¹ In informatica, la nozione di smart contract è stata introdotta per la prima volta alla fine del secolo scorso come protocollo di computazione digitale in grado di eseguire in maniera autonoma i termini di un contratto definiti in un sistema transazionale: N. SZABO, *Secure Property Titles with Owner Authority* (1998), <https://web.archive.org/web/20140115142013/http://szabo.best.vwh.net/securetitle.html>. Con l’avvento della blockchain, gli smart contract sono stati oggetto di rinnovato interesse, da cui è originata la proposta di programmi scritti in un ‘linguaggio scripting Turing non completo’ che definiscono sia regole di trasferibilità di asset (es: Bitcoin Scripting – S. NAKAMOTO, *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system* (2008) URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>; S. BISTARELLI, I. MERCANTI, F. SANTINI, *An Analysis of Non-standard Transactions*, Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT), Zug, Switzerland, 2018, 93-96, doi: 10.1109/CVCBT.2018.00016 (2018)), sia complessi sistemi computazionali che hanno consentito lo sviluppo delle applicazioni decentralizzate (c.d. *Decentralized Applications – DApp*) (Ethereum): G. WOOD, *Ethereum: A secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*, EIP-150 REVISION (2014).

operazioni in maniera decentralizzata²² e da cui ereditano le proprietà di immutabilità, sicurezza e tracciabilità.²³

Alla luce delle complesse dinamiche che riguardano l'utilizzo di questo nuovo strumento, ogni discussione in tema di smart contract muove dalla definizione del concetto²⁴.

1. *Smart Contract (Code) e Smart Legal Contract*

Uno smart contract è, secondo l'opinione prevalente, un “programma per elaboratore” che opera su una blockchain e viene

²² In informatica, una transazione consiste genericamente nella registrazione di un evento – ad esempio, il trasferimento di valore tra due o più utenti – che determina un cambiamento dello stato del registro. La tecnologia blockchain consente la decentralizzazione di sistemi transazionali tramite l'applicazione di un protocollo decentralizzato eseguito su una rete peer-to-peer. Il protocollo associato alla blockchain definisce le regole di aggiornamento del registro condiviso, senza la necessità di intervento di una terza parte fidata. I dati archiviati nel registro sono organizzati in on blocchi, ognuno connesso al precedente in maniera crittograficamente sicura tramite funzione di hash, al fine di formare una catena (da qui il termine blockchain). L'organizzazione del blocco e la struttura della transazione dipendono dalla particolare tecnologia blockchain utilizzata. Ogni blocco contiene un gruppo di transazioni firmate crittograficamente da uno o più partecipanti al protocollo.

²³ Nello specifico, l'applicazione in concreto dello smart contract nel sistema basato su un registro distribuito chiamato Ethereum ha permesso agli sviluppatori di interagire con smart contract per realizzare applicazioni direttamente sulla blockchain. Si veda V. Buterin, *A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform* (2014), consultabile su <http://ethereum.org>.

²⁴ Alcuni ritengono che sia opportuno riconsiderare l'utilizzo del termine “contract” e dell'aggettivo “smart. In questo senso si veda, nella nostra dottrina, S. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca Borsa Titoli di Credito*, fasc.3, giugno 2020, 372 ss. Si veda inoltre: J. ROHR, *Smart Contracts and Traditional Contract Law, or: The Law of the Vending Machine*, in *67 Clev. St. L. Rev.* 71, 72 (2019), secondo cui “Smart contract is an unfortunate name for something that is not necessarily smart, or necessarily a contract”. Peraltro, lo stesso Buterin, cofondatore di Ethereum, ha dichiarato di essersi pentito di aver utilizzato il termine troppo giuridico di “smart contract”, invece di un'espressione più tecnica e meno affascinante come *persistent scripts*. Sul punto vd. il report *Smart contracts*, EU Blockchain Observatory and Forum, 1 novembre 2022, 6 ss.

eseguito in maniera decentralizzata dai nodi della rete²⁵. Così è anche definito, peraltro, da alcuni legislatori, tra cui quello italiano²⁶, sebbene la formulazione prescelta dal legislatore italiano non sia andata esente da critiche, per l'ambiguità che la contraddistingue²⁷.

²⁵ E. MIK, *Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity* SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3038406> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3038406> (2017).

²⁶ La definizione è contenuta nel D.L. 135/2018, art. 8-ter, commi 2 e 3, recante “Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione” convertito con L. 11 febbraio 2019, n. 12: in particolare, si definisce smart contract “un programma per elaboratore che opera su tecnologie basate sui registri distribuiti e la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse. Gli smart contract soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall’Agenzia per l’Italia Digitale”. Nella legislazione UE la prima definizione di smart contract è nella proposta di Regolamento ‘Data Act’ (Proposta di Regolamento UE in materia di accesso e condivisione dei dati, del 23 febbraio 2022, che non ha ancora completato l’iter legislativo), che per smart contract intende (art. 2, punto 16): “un programma informatico utilizzato per l’esecuzione automatica di un accordo o di una parte di esso, utilizzando una sequenza di registrazioni di dati elettronici e garantendone l’integrità e l’accuratezza del loro ordine cronologico” (art. 2, punto 16). Peraltro, sul tema degli smart contracts si sofferma anche la Proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio relativo all’istituzione dell’euro digitale SWD(2023) 233 final del 28 giugno 2023, disponibile all’indirizzo <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023SC0233>: “A ‘smart contract’ is not a contract in a legal sense but an IT programme to be executed on a blockchain that describes complex transactions involving for instance conditional operations, delivery-versus-payment features or auction mechanisms”.

²⁷ La normativa italiana presenta alcune lacune e ambiguità, che consentono di concepire astrattamente lo smart contract in maniera differente a seconda della prospettiva da cui lo si osserva. La formulazione della disposizione è ambigua, in quanto utilizza il termine “esecuzione”, apparentemente presupponendo che vi sia una fase di formazione dell’accordo a monte, ma poi stabilisce che l’esecuzione dello smart contract vincola automaticamente le parti, lasciando intendere che la fonte giuridica del vincolo sia lo stesso smart contract. Per una critica a questa formulazione v. F. LONGOBUCCO, *Utopia di un’autonoma Lex Criptographi(c)a e responsabilità del giurista*, Napoli, 2023, 42 ss., il quale richiama T. PELLEGRINI, *Prestazioni auto-esecutive. Smart contract e dintorni*, in *Comparazione dir. civ.* (sito internet: www.comparazionedirittocivile.it), 2019, 846 e nota 14. Sul tema v. anche G. REMOTTI, *Blockchain smart contract: primo inquadramento e prospettive di indagine (commento all’art. 8 ter D.L. 14 dicembre 2018, n. 135)*, in *Oss. dir. civ. comm.*, 2020, 159 ss..

Negli ambienti di sviluppo informatico la nozione di “smart contract” viene utilizzata con riferimento al programma che consente l’esecuzione automatica su blockchain di una specifica funzione voluta e creata dal programmatore”.²⁸ In questa prospettiva, “gli smart contract hanno caratteristiche uniche rispetto a qualsiasi altro software perché: (i) il programma è registrato su una blockchain e di questa acquisisce le caratteristiche di immutabilità, sicurezza e trasparenza²⁹; (ii) l’esecuzione del programma è deterministica e il risultato è memorizzato sulla blockchain; (iii) il programma può controllare le attività della blockchain e quindi può funzionare da deposito, nonché trasferire asset digitali (tra cui, le valute virtuali); (iv) il programma viene eseguito dalla blockchain e – presupposte determinate caratteristiche della blockchain – è impermeabile a interferenze circa il suo funzionamento”. Da ciò consegue che “lo smart contract in quanto “codice” non possiede le caratteristiche necessarie ad essere qualificato come un contratto”: caratteristiche peraltro irrilevanti rispetto all’obiettivo per cui è stato creato. Esso, infatti, identifica un codice che viene memorizzato e al ricorrere di condizioni date, eseguito. Il codice, potrebbe consistere anche solo in un algoritmo che gestisce un flusso informativo aziendale, oppure controlla i permessi di un account o, ancora, elabora le risposte di un questionario. In molti casi, infatti, gli smart contract non hanno una funzione autonoma, ma sono strumentali

²⁸ Il riferimento a “Smart contract code” è stato inizialmente utilizzato nella documentazione di Ethereum, su stackexchange e in articoli di carattere tecnico. Oggi, il termine è usato genericamente in tutta la comunità per riferirsi a qualsiasi programma complesso che viene memorizzato ed eseguito su una blockchain. Mentre le prime blockchain sono state progettate per eseguire un insieme ridotto di operazioni semplici - principalmente, transazioni di un token simile a una valuta – recentemente sono state sviluppate tecniche che consentono alle blockchain di eseguire operazioni più complesse, definite in veri e propri linguaggi di programmazione. Sul tema v. anche C. ROBUSTELLA – C. E. PAPADIMITRIU, *Spunti ricostruttivi in tema di smart contracts, tra innovazione tecnologica e regola giuridica*, in *P.A. Persona e amministrazione*, 2022, 963 ss. Sul tema v. anche C. ROBUSTELLA – C. E. PAPADIMITRIU, *Spunti ricostruttivi in tema di smart contracts, tra innovazione tecnologica e regola giuridica*, in *P.A. Persona e amministrazione*, 2022, 963 ss.

²⁹ Il codice dello smart contract è salvato sul registro condiviso da tutti i partecipanti della rete, quindi facilmente consultabile e verificabile.

al buon esito di un'applicazione più ampia³⁰, eseguita sulla blockchain e quindi decentralizzata³¹.

L'espressione "smart contract" non trova neppure in dottrina una definizione univoca³². Gli sforzi sul piano definitorio sono riconducibili soprattutto a una dicotomia funzionale, quella tra "smart contract code" e "smart legal contract" - illustrata nel richiamato documento di sintesi della ricerca condotta con Banca d'Italia - che non sembrano essere nozioni del tutto sovrapponibili, in ragione della funzione cui questi strumenti sono destinati³³. Infatti, gli smart legal contract, nella loro

³⁰ Il riferimento è alle DApp (Decentralized Applications), quali applicazioni che avvalendosi del codice degli smart contract, eseguono operazioni su una rete peer-to-peer decentralizzata.

³¹ Sulla funzione autonoma degli smart contracts rispetto agli smart legal contracts si vedano: D. STABILE et al., *Digital assets and blockchain technology*, 2020, 221; J. LIPSHAW, *Persistence of "Dumb" Contracts*, in *Stanford J. of Blockchain L. & Pol* 1, 11, 2019; J. ROHR, *Smart Contracts and Traditional Contract Law, or: The Law of the Vending Machine*, cit., supra nota 22; M. DUROVIC - A. JANSSEN, *The Formation of Blockchain-based Smart Contracts in the Light of Contract Law*, in *European Review of Private Law*, 2019, 753; S. ORLANDO, *Gli smart contract come prodotti software*, Annuario 2021 Osservatorio Giuridico sulla Innovazione Digitale, 235-259. Con riferimento alla distinzione tra "Smart contract code" e "Smart legal contract", ancora: F. LONGOBUCCO, *Utopia di un'autonoma Lex Criptographi(c)a e responsabilità del giurista*, cit. supra nota 27, che a 24 richiama la distinzione indicata dalla European Bank for Reconstruction and Development (in *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, 2018).

³² La complessità del tema è tale che ogni sforzo definitorio è destinato a incontrare critiche. Ad esempio, osserva M. MAUGERI, *La funzione delle norme generali e gli smart contracts*, in *La funzione delle norme generali sui contratti e sugli atti di autonomia privata*, Torino, 2021, 71, che "mentre gli Smart Legal Contract girano su DLT e consentono sia la conclusione della transazione sia l'esecuzione; gli smart contract sono di mera esecuzione di un accordo preso fuori dalla DLT", ma poi la stessa A. ritiene preferibile non adottare questa distinzione nel testo perché generalmente vengono considerati Smart Legal Contracts anche i contratti che siano mera esecuzione di accordi presi fuori dalla DLT e, quindi, "l'uso dell'espressione potrebbe ingenerare confusione". Sul tema v. European Law Institute, *Principles on Blockchain Technology, Smart Contract and Consumer Protection* (2022), 22; M. DUROVIC - A. JANSSEN, *The formation of blockchain-based smart contracts in the light of contract law*, ult. cit.. Tra gli autori italiani si vedano tra gli altri, D. BELLONI - F. VASOLI, *Blockchain, Smart Contract e Decreto Semplificazioni*, in *Cammino Diritto* 2020; S. ORLANDO, *Gli smart contract come prodotti software*, ult. cit..

³³ La distinzione è chiarita da G. JACCARD, *Smart Contracts and the Role of Law* (January 10, 2018). disponibile in SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3099885>, ripresa poi da: R. BATTAGLINI - P. NICORELLI, *Smart legal contract: dall'idea al codice*,

essenza, sono costruiti con linee di codice che si eseguono sulla blockchain e rappresentano un'estensione dell'ambito applicativo degli smart contract all'ambiente legale. Lo smart legal contract è un genere che rientra nella specie smart contract o, usando l'insiemistica, un cerchio interamente ricompreso nel cerchio più grande che rappresenta lo smart contract e che individua l'applicazione di questo ai rapporti giuridici.

In questa accezione, gli smart legal contracts “costituiscono una combinazione tra codice di programmazione e linguaggio giuridico”³⁴. Quindi, il termine smart legal contract viene spesso inteso dalla dottrina giuridica come uno strumento che opera sulla tecnologia *blockchain* per articolare, verificare e applicare un accordo tra le parti, integrando o sostituendo i contratti tradizionali. La distinzione tra smart contract (code) e smart legal contract insiste, dunque, per chi la riconosce, sulla funzione; sul piano tecnico e tecnologico invece il meccanismo è unico per entrambe le categorie. Infatti la tecnologia blockchain garantisce che durante l'esecuzione distribuita dello smart contract ogni nodo della rete ottenga lo stesso output dato un set di input, senza dover fare affidamento su dati forniti da terze parti fidate.

Così definiti, sempre solo su un piano funzionale, gli smart legal contract consentono di soddisfare condizioni contrattuali comunemente concordate, minimizzare il rischio di inadempimento, limitare il ricorso agli intermediari fidati o a meccanismi di *enforcement* tradizionali. Di

Milano, 2021, 87 ss.; L. Ante, *Smart Contract on the Blockchain—A Bibliometric Analysis and Review*, BRL Working Paper Series No. 10 (2020); B. CARRON, V. BOTTERON, *How smart can a contract be?*, in D. Kraus, T. Obrist, O. Hari (eds.), *Blockchains, Smart Contract, Decentralised Autonomous Organisations and the Law*, Cheltenham, UK-Northampton, MA, USA (2019) 101 ss., spec. 111-114; G. RINALDI, *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, in G. Alpa (cur.), *Diritto e intelligenza artificiale* (2020), 353-354; S. RIGAZIO, *Smart contract e tecnologie basate su registri distribuiti nella L. 12/2019*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, fasc.2 2021, 369 ss.; A. Janssen – F. Patti, *Demistificare gli smart contract*, in *Osservatorio del Diritto Civile e Commerciale*, fasc. 1, 2020, 31-50. Sul tema si veda G. LEMME, *Gli smart contracts e le tre leggi della robotica*, in AGE, 2019, 129 ss..

³⁴ A. Janssen, F. Patti *Demistificare gli smart contract*, in *Osservatorio del Diritto Civile e Commerciale*, cit., 31-50. Per un'analisi attenta della combinazione tra linguaggi si veda il recente studio condotto da F. LONGOBUCCO, *op. cit.*, 30 ss. Così già il Documento di Banca d'Italia sottoposto a public hearing il 23 giugno 2023, cit. *supra* nota 18.

conseguenza, essi offrono il vantaggio di ridurre, se non addirittura eliminare, i costi collegati al contratto, realizzando l'idea originaria del loro creatore³⁵.

2. *Le impostazioni in dottrina*

Lo smart legal contract costituisce una novità nel panorama già ampio della contrattualistica tradizionale digitalizzata, in cui l'elemento informatico aveva inciso finora solo sulla forma (documento informatico e di firme elettroniche) e sulla formazione (i.e. il contratto "point & click")³⁶.

Da qui l'esigenza della dottrina di individuare la disciplina in concreto applicabile al nuovo strumento. L'esercizio ha rilievo teorico e pratico, poiché definisce le caratteristiche tecniche che la tecnologia deve garantire per produrre in modo corretto gli effetti giuridici voluti dalle parti. Ad oggi manca tuttavia una risposta univoca.

Le principali ricostruzioni proposte dalla dottrina sono riconducibili a due tesi, anche se all'interno dell'una o dell'altra si collocano posizioni diverse³⁷. Nel Documento redatto da Banca d'Italia (*supra*, nota 18) cui rinviamo, sono illustrate in dettaglio le diverse impostazioni, che qui sinteticamente richiamiamo, nei limiti in cui funzionali al presente lavoro.

Secondo una prima impostazione, lo smart legal contract è un programma per elaboratore utilizzato solo per dare esecuzione, in tutto o in parte, a un contratto stipulato in maniera tradizionale: è un 'protocollo di transazione informatizzato' che esegue ordini (in questo

³⁵ In particolare: N. SZABO, *Smart Contract* (1994); N. SZABO, *Smart Contract Glossary* (1995); N. SZABO, *Smart Contract: Building Blocks for Digital Markets* (1996); N. SZABO, *The Idea of Smart Contract; Formalizing Securing Relationships on Public Networks* (1997).

³⁶ Si veda il Regolamento eIDAS (Regolamento (UE) n. 910/2014 del 23 luglio 2014 in materia di identificazione elettronica e servizi fiduciari per le transazioni elettroniche nel mercato interno e che abroga la direttiva 1999/93/CE) e sul piano nazionale, al D.lgs. 7 marzo 2005, n. 82 (Codice dell'Amministrazione Digitale).

³⁷ Si ripercorre qui, con alcune differenziazioni e approfondimenti strumentali all'obiettivo di questo saggio, quanto emerso dalla ricerca condotta in esecuzione del Protocollo stipulato tra Università di Roma tre, università Cattolica e Banca d'Italia e confluita in un documento sottoposto a consultazione pubblica (*public hearing*) il 23 giugno 2023 e attualmente in corso di pubblicazione, all'esito dei commenti ricevuti.

caso i termini di un contratto) in modo automatico”³⁸. In base a questa teoria, dunque, “uno smart legal contract non è un vero e proprio contratto ma un software (o protocollo informativo) sviluppato per dare esecuzione al contratto”³⁹. Uno smart legal contract è tuttavia (auto)sufficiente, programmato per eseguire tutte e solo le regole incorporate nel codice. Esso rende verificabili, immutabili e irrevocabili i soli termini e condizioni del contratto, concordati tra le parti, scritti sotto forma di codice e salvati nella blockchain con una marca temporale. Quando determinate condizioni dell’accordo vengono soddisfatte, lo smart legal contract le applica (secondo una logica “if-then”) e produce in modo automatico gli effetti previsti (i.e. approva lo scambio di un token tra le parti).

L’esecuzione automatica dello smart legal contract garantisce l’adempimento degli obblighi del contratto: l’architettura blockchain non consente violazioni volontarie delle condizioni stabilite. Questa ricostruzione comporta un passaggio nella pratica contrattuale dal giudizio autoritativo *ex post* – tipico dei contratti tradizionali – alla valutazione automatizzata *ex ante*.⁴⁰

³⁸ Si vedano per un approfondimento del tema, P. CUCCURU, *Beyond bitcoin: an early overview on smart contract*, in *International Journal of Law and Information Technology*, vol. XXV (2017), 179 ss.; K. KASPRZYK, *The concept of smart contract from the legal perspective*, in *Review of Comparative Law* Vol. XXXIV (2018), 101-118; M. RASKIN, *The Law and Legality of Smart Contract*, in *Geo. L. Tech. Rev.* 305, 2017, 312.

³⁹ Negano la natura contrattuale nella nostra dottrina ad esempio: F. DI CIOMMO, *Smart contract e (non-)diritto. il caso dei mercati finanziari*, in *Nuovo Diritto Civile*, 2019, 257 ss.; R. PARDOLESI - A. DAVOLA, «Smart contract»: *lusinghe ed equivoci dell’innovazione purchessia*, in *Il Foro Italiano*, 2019, 195-207; A. GENTILI, *La volontà nel contesto digitale: interessi del mercato e diritti delle persone*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2022, 701; G. CASTELLANI, *Smart Contracts e profili di diritto civile*, in www.comparazioneeditto.civile.it; v. pure A. STAZI, *Automazione contratti e “contratti intelligenti”*, Torino, 2019, 122. Sul tema, ancora: C. PONCIBÒ, *The Digitalisation Of Contracts In International Trade And Finance: Comparative Law Perspectives On Smart Contracts*, in *Digitalization and firm performance*, 131 (M. Ratajczak-Mrozek – P. Marszałek eds., 2021); O. MEYER, *Stopping The Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, in *Journal of European Consumer and Market Law*, 17, 19, 2020; A. FERREIRA, *Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution?*, in *Telecommunications Policy* 2021, 45.

⁴⁰ I. JERRY, – H. HSIAO, *Smart Contract on the Blockchain – Paradigm Shift for Contract Law?*, in *US – China Contract Law Review*, 2017, 686 ss.

Una seconda impostazione dottrinale è più variegata al suo interno⁴¹, e muove da chi configura lo smart legal contract come un programma per elaboratore utilizzato per *formare* (in linguaggio informatico), in tutto o in parte, il contenuto del contratto, che viene poi eseguito

⁴¹ Tra i tanti, C. ROBUSTELLA – C. E. PAPADIMITRIU, *Spunti ricostruttivi in tema di smart contracts, tra innovazione tecnologica e regola giuridica*, cit, 975 ss.; S. Rigazio, *Smart contract e tecnologie basate su registri distribuiti nella L. 12/2019*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica* 2021 369 ss.; M. GIACCAGLIA, *Considerazioni su blockchain e smart contract*, in *Contratto e impresa* 2019, 951; M. GIULIANO, *La blockchain e gli smart contract nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 2018, 989 ss. Nella letteratura internazionale, P. CATCHLOVE, *Smart Smart Contract: A New Era of Contract Use*, disponibile su SSRN (3090226), 15; C. CLACK, et al., *Smart contract templates: foundations, design landscape and research directions*, 2016, disponibile su: <http://arxiv.org/abs/1608.00771>; M. DUROVIC -F. LECH, *The Enforceability of Smart Contract*, in *Italian Law Journal*, 2019, 504 ss; H. EENMAA-DIMITRIEVA - M. SCHIMDT-KESSEN, *Creating Markets in No-trust Environments: the Law and Economics of Smart Contract*, in *C.L.S. Rev.* 2019, 69-88.

automaticamente⁴², a chi ritiene che sia esso stesso un contratto⁴³. Secondo altri, lo smart legal contract designa invece, in termini generali, un'architettura della struttura negoziale più che un assetto di interessi⁴⁴.

⁴² CARRON E BOTTERON, *How smart can a contract be?* in Kraus, Daniel; Obrist, Thierry; Hari, Olivier (eds), *Blockchains, Smart Contracts, Decentralised Autonomous Organisations and the Law* (Edward Elgar Publishing, 2019) 101 ss. distinguono uno smart contract da uno smart legal contract sulla base del momento in cui le parti ricorrono a uno smart contract: lo smart contract si definisce legal quando viene utilizzato come piattaforma per la conclusione di un accordo e, al lancio del programma, le parti entrano in una relazione contrattuale con effetti giuridici vincolanti. Le peculiarità dell'esecuzione dell'accordo sollevano peraltro complesse questioni giuridiche. Il tema di per sé non è nuovo: basti pensare al dibattito degli anni '90 del secolo scorso tra N. IRTI, *Scambi senza accordo*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 1998, 350 ss. e G. OPPO, *Disumanizzazione del contratto?* in *Riv. dir. civ.*, 1998, 525 ss., e le repliche di N. IRTI, *È vero ma...* (Replica a Giorgio Oppo), in *Riv. dir. civ.*, 1999, 273 e C. M. BIANCA, *Acontrattualità dei contratti di massa?*, in *Vita not.*, 2001, 1120. G. RINALDI, *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, cit., *supra* nota 33. A. WRIGHT - P. DE FILIPPI, *Decentralized Blockchain Technology and The Rise of Lex Cryptographia*, 2015, disponibile su: SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2580664>, a 24-25 sostengono che “[A]mbiguity and poor drafting can [...] be used by parties to wrestle free from contractual conditions that parties no longer want to honor [...] [Parties] can use a smart contract to ensure that a contractual condition is executed, forcing the parties to remain bound to their respective obligations. Nello stesso senso M. DUROVIC - F. LECH, *The Enforceability of Smart Contracts*, cit., *supra* nota 42; M. RASKIN, *The law and legality of smart contracts*, cit., *supra* nota 38. Altri ancora, invece, intravedono le potenzialità degli smart contracts, pur riconoscendo l'esistenza di criticità da affrontare: alcuni confidano nel tempo necessario per lo sviluppo e per la continua applicazione di questa tecnologia fino al raggiungimento di best practices. Si veda, in proposito, E. TJONG TJIN TAI, *Force Majeure and Excuses in Smart Contracts* in *European Review of Private Law* 2018, 787-904, secondo cui “smart contracts are not very well suited to deal with the finesses that are currently expected by non-lawyers and lawyers alike when it comes to excuses to performance. [...] Only by extensive development of best practices is improvement to be expected”. Altri invece circoscrivono l'ambito di applicazione degli smart contracts solo ad alcuni settori perchè la loro scarsa flessibilità non ne consentirebbe un utilizzo diffuso: J. SKLAROFF, *Smart Contract and the Cost of Inflexibility*, in *University of Pennsylvania Law Review*, 2017, 287 ss.

⁴³ Nella nostra dottrina, v. M. MAUGERI, *Smart contract e disciplina dei contratti*, cit., *supra* nota 1. Cfr. anche E. BATTELLI- E. M. INCUTTI, *Gli smart contracts nel diritto bancario tra esigenze di tutela e innovativi profili di applicazione*, in *Contr. impr.*, 2019, 925 ss.

⁴⁴ A. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Riv. dir. civ.*, 2021, 411 ss.; ID., *Tecnica, diritto civile e*

Parte rilevante e autorevole della dottrina⁴⁵ si interroga sulle criticità di un'applicazione agli smart legal contract delle regole pensate per gli scambi tradizionali. Dunque, perché uno smart legal contract produca effetti giuridici rilevanti per l'ordinamento e vincolanti per le parti, occorre che i suoi elementi essenziali e la relativa disciplina applicabile siano compatibili con il quadro normativo civilistico che regola i contratti tradizionali⁴⁶.

Infine, secondo alcuni sarebbe addirittura superfluo indagare la disciplina applicabile agli smart legal contract, in ragione della loro capacità intrinseca di sopravvivere al di fuori di qualsiasi ordinamento: costituirebbero una vera e propria alternativa al diritto dei contratti⁴⁷.

smart contract. *Minimalismo o massimalismo?*, Relazione tenuta nell'ambito del Convegno "Gli Stati generali del diritto di internet, svoltosi a Roma, il 1, 2 e 3 dicembre 2022, in <https://dirittodiinternet.it>; che parla di accordo sulla tecnica, che lascia impregiudicato l'effetto negoziale voluto dalle parti, e fa riferimento anche a una particolare "architettura" del contratto.

⁴⁵ M. MAUGERI, *Smart contract e disciplina dei contratti*, cit. *supra* nota 1.

⁴⁶ Le questioni maggiormente interessate dal dibattito dottrinale riguardano: (i) la formazione e la conclusione del contratto; (ii) il riconoscimento delle parti dell'accordo; (iii) la nullità delle clausole; (iv) le sopravvenienze nei rapporti di durata; (v) l'applicazione dei principi generali dell'ordinamento; (vi) il concetto di giustizia sostanziale. Per un approfondimento su questo tema si vedano, senza pretesa di esaustività: European Law Institute, *Principles on Blockchain Technology, Smart Contract and Consumer Protection*, 2022; A. GENTILI, *La volontà nel contesto digitale: interessi del mercato e diritti delle persone*, cit., *supra*, nota 39; A. BENEDETTI, *Contratto, algoritmi e diritto civile transnazionale: cinque questioni e due scenari*, in *Riv. dir. civ.*, 2021, 415-417; L. PAROLA - P. MERATI - G. GAVOTTI, *Blockchain e smart contract: questioni giuridiche aperte*, in *Contr.* 2018, 681 ss., spec. 685; G. NUZZO, *Gli smart contract tra esigenze di calcolabilità e gestione delle sopravvenienze*, in *Contenuto e limiti dell'autonomia privata in Germania e in Italia*, a cura di Bordiga e Wais, Torino, 2021; S. CERRATO, *Appunti su smart contract e diritto dei contratti*, in *Banca Borsa Titoli di Credito*, 2020, 370 ss.; P. SIRENA - F. PATTI, *Smart Contract and Automation of Private Relationships*, in *Bocconi Legal Studies Research Paper Series*, 2020.

⁴⁷ In tal senso: M. VERSTRAETE, *The Stakes of Smart Contracts*, in *LOY. U. CHI. L.J.* 2019, 743; J. GRIMMELMANN, *All Smart Contracts Are Ambiguous*, in *PENN. J.L. & INNOVATION*, 2019, 3 (smart contracts are "a way for parties to enjoy the benefits of binding contracts without relying on a legal system: private law without a public authority"); A. SAVELYEV, *Contract law 2.0: "Smart" contracts as the beginning of the end of classic contract law*, cit. *supra* nota 2, sostiene addirittura che il diritto dei contratti sarebbe destinato a scomparire. Del resto, già J. FAIRFIELD, in *Smart Contracts, Bitcoin Bots, and Consumer Protection*, in *WASH. & LEE L. REV.*

La rigidità dello strumento renderebbe irrilevante ancorare lo smart legal contract a una giurisdizione, non essendo possibili (né in quest'ottica, necessari) rimedi non previsti già dallo smart legal contract e da esso auto-eseguibili. In questa prospettiva, ad esempio, blockchain e smart legal contract renderebbero irrilevanti le regole sull'inadempimento, dal momento che un inadempimento non sembrerebbe neppure possibile⁴⁸. Ma anche l'eventuale accertamento dei vizi della volontà quali dolo o violenza nella formazione del contratto, o l'invalidità del contratto, secondo questa linea di pensiero, non potrebbero venire in rilievo o comunque non avrebbero effetto nella misura in cui essi non consentirebbero di modificare *ex post* il database della blockchain. Questo renderebbe di conseguenza improbabili eventuali azioni di risarcimento e/o restituzioni.

Questi pochi rilievi appaiono sufficienti per dimostrare che, ad oggi, la dottrina lascia ancora aperti molti problemi sul regime giuridico applicabile agli smart legal contract, la cui soluzione è però rilevante per uno loro sviluppo coerente e compatibile con le esigenze basilari della convivenza civile⁴⁹.

ONLINE, 2014, 35 ss., a pag. 39 sosteneva che “If financial transactions can be freed of banks as intermediaries, then contracts can be freed of courts as intermediaries”.

⁴⁸ In senso diverso ad esempio M. MAUGERI, cit., supra, nota 1, secondo la quale non è del tutto vero che lo Smart Contract garantisca sempre il corretto adempimento ma, soprattutto perché – se anche si dovesse accogliere l'idea secondo la quale un apparato rimediabile che incidesse in modo coercitivo sulla Blockchain, oltre a non essere allo stato tecnicamente possibile, risulterebbe anche del tutto distonico rispetto al funzionamento di questa – non vi sarebbe ragione alcuna per escludere rimedi che si collocassero fuori dalla blockchain.

⁴⁹ Per un riassunto aggiornato dei temi giuridici non risolti si vedano: M. BLASZCZYK, *Smart Contracts, Lex Cryptographia, and Transnational Contract Theory*, 2023, disponibile su SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4319654>; G. VOS, *End-to-End Smart Legal Contracts: Moving from Aspiration to Reality*, in *Smart legal contracts: computable law in theory and practice*, Jason Gran Allen & Peter Hunn eds., 2022, 45-54. Per un elenco istituzionale delle questioni giuridiche poste dagli smart contracts: LAW COMMISSION, *Smart Legal Contracts: Advice to Government*, November 2021, disponibile su: <https://s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-production-11jsxou24uy7q/uploads/2021/11/Smart-legal-contracts-accessible.pdf>.

3. *Il ciclo di vita degli smart legal contracts.*

In sintesi, il ciclo di vita dello smart legal contract, sul piano tecnologico, si declina in quattro passaggi principali: 1) elaborazione del suo contenuto ad opera delle parti (o di una di esse); 2) trascrizione sulla blockchain; 3) esecuzione; 4) esaurimento della sua efficacia⁵⁰. Vediamo separatamente i passaggi, sia pur in modo sintetico.

La fase della traduzione dal linguaggio naturale al linguaggio di programmazione consiste nella redazione in linguaggio informatico (“coding”), di linee di codice che contengono le istruzioni per il funzionamento degli smart contract: gli elementi (essenziali e non) del contratto vengono tradotti in linguaggio di programmazione (logica boeliana). Una volta trascritto sulla blockchain, lo smart contract è imm modificabile, se non aggiornato a una nuova versione del codice⁵¹. Questa fase richiede competenze tecniche sul piano sia informatico (il programmatore traduce in linguaggio di programmazione), sia giuridico (un giurista dialoga con il programmatore affinché il contenuto della funzione venga tradotto in modo corretto).

In una seconda fase, (trascrizione del codice sulla blockchain), lo sviluppatore inserisce sulla blockchain le funzioni che ha predisposto e che le parti firmano, ad esempio con un sistema di crittografia a chiave doppia asimmetrica. Lo smart contract viene quindi inserito in un

⁵⁰ Z. ZHENG, S. XIE, H-N. DAI, W. CHEN, X. CHEN, J. WENG, M. IMRAN, *An Overview in Smart Contracts: Challenges, advances and platforms*, in *Future Generation Computer Systems*, 2020, 1-19.

⁵¹ Gli sviluppatori potrebbero decidere di modificare le condizioni di approvazione, risolvere problemi del codice (bugs) o aggiungere nuove funzionalità. La procedura di aggiornamento può essere resa arbitrariamente complessa; ad esempio, per gli smart contract di Ethereum esistono pattern di aggiornamento che gli sviluppatori possono eseguire, quali Contract Migration, Proxy pattern. Tuttavia, questi meccanismi variano a seconda della blockchain sottostante. In generale, questa procedura richiede l’implementazione di permessi di governance per evitare manipolazioni inaspettate da parte di attori non autorizzati a cambiare le logiche di esecuzione. L’immodificabilità di uno smart contract è spesso intesa come un limite insuperabile rispetto alla flessibilità del contratto. In tal senso, tra i tanti: J. FAIRFIELD – N. SELVADURAI, *Governing the Interface Between Natural and Formal Language in Smart Contracts*, in *UCLA J.L. & Tech.*, 2022, 79 ss.; M. GIANCASPRO, *Is a ‘Smart Contract’ really a smart idea? Insights from a legal perspective*, in *Computer Law & Security Review*, 2017, 825 ss.. Come vedremo, la soluzione di contracts on chain che proponiamo supera questo limite.

blocco (identificato da un codice *hash*) contenente anche altre transazioni e aggiunto in maniera permanente e immutabile alla blockchain, accompagnato da una marca temporale che identifica in modo univoco la data e l'ora della transazione: ciò significa che ogni transazione è tracciata, sempre rintracciabile e liberamente consultabile da chiunque.⁵²

In una terza fase, al verificarsi delle condizioni stabilite⁵³ lo smart contract si attiva, mettendo in esecuzione le funzioni volute tramite l'utilizzo di transazioni invocanti.

Nella quarta e ultima fase lo smart contract si disattiva, e non produce più effetti né on-chain né off-chain. Resta però sui blocchi in cui è stato inserito, a meno che il suo redattore non abbia previsto all'interno del codice un'apposita funzione (“kill”) e indicato il soggetto legittimato ad attivarla.

Come anticipato, lo smart legal contract consiste solo in linee di codice. Per questo motivo, per quanto funzionale a regolare e/o eseguire in modo automatico alcuni aspetti dei rapporti negoziali, esso incontra limiti rilevanti, tra cui il principale sembra essere l'affidamento delle parti contrattuali in una figura “esperta” in grado di scrivere il codice, inteso come linguaggio di programmazione, e di tradurre in quel linguaggio il contratto scritto in linguaggio naturale.

Applichiamo in concreto questa procedura a un contratto che abbiamo individuato come esempio di smart legal contract, tra i tanti possibili: il contratto di escrow. Si tratta di un accordo fra due soggetti (Depositante e Beneficiario) in forza del quale somme di denaro o titoli di proprietà oggetto del contratto vengono depositate presso una terza

⁵² L'utilizzo della blockchain solleva anche temi di coordinamento con la vigente normativa europea in tema di privacy (GDPR). Per approfondimenti: M. FINCK, *Smart Contracts as a Form of Solely Automated Processing Under the GDPR*, 2019, Max Planck Institute for Innovation & Competition Research Paper No. 19-01, disponibile su SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3311370>; G. VOSS, *Data Protection Issues for Smart Contracts*, in *Smart Contracts: Technological, Business and Legal Perspectives* (M. Corrales, M. Fenwick, S. Wrbka, eds.) 2021.

⁵³ I presupposti di esecuzione possono essere diversi: possono essere on-chain, nel caso di fatti percepibili direttamente dalla blockchain stessa, come l'accredito di un importo in valuta digitale in un wallet collegato allo smart contract; possono essere off-chain, qualora consistano in eventi esterni alla blockchain che si verificano nel mondo reale, e che hanno effetti sullo smart contract grazie al ruolo svolto dagli oracoli.

parte (Depositario) a titolo di garanzia e rilasciate poi all'avveramento di determinate condizioni espressamente stabilite dalle Parti.

Lo sviluppo in senso tecnico del contratto sotto forma di smart legal contract si articola in due fasi. La negoziazione e la sottoscrizione del contratto avvengono off-chain, secondo le regole della contrattualistica tradizionale. Solo in un secondo momento i contraenti incaricano figure “esperte”, gli sviluppatori, di inserire il contratto sulla blockchain e beneficiare dei vantaggi dell’auto-esecuzione. Agli sviluppatori viene affidato il compito di tradurre il contratto da linguaggio naturale/giuridico in linguaggio di programmazione, così che la blockchain alimenti in maniera automatica l’esecuzione del contratto nei termini concordati dalle parti. In sintesi, secondo la logica dello smart legal contract, ogni operazione che i contraenti possono compiere off-chain viene convertita in una specifica funzione costituita da una serie di linee di codice (c.d. istruzioni) visibili sulla blockchain quale risultato dell’intero processo di sviluppo dello smart legal contract.

Rappresentiamo - a titolo esemplificativo – una sezione del contratto di escrow: la funzione relativa alla proposta di rilascio dei fondi verso il Beneficiario (nella versione Teal) come appare sulla chain.

```
// propose_release
proposerelease_14:
proto 1 0
callsub stateisvalidescrow_40
// Waiver period must be expired and there is no ongoing release or
dispute (WRONG_STATE)
assert
txn Sender
callsub ispayee_41
// Caller must be the Payee (WRONG_SENDER)
assert
intc_2 // 64
intc_2 // 64
==
// Wrong Attached hash length (expected: 64 bytes)
(WRONG_DOC_HASH_LENGTH)
assert
txn Sender
```

```
callsub setapproval_46  
bytec 11 // "attached_hash"  
frame_dig -1  
app_global_put  
bytec 17 // "release_ongoing"  
intc_1 // 1  
app_global_put  
retsub
```

4. *Problemi aperti*

Le diverse impostazioni della dottrina sopra richiamate, pur distanti sul piano teorico, in concreto si confrontano con almeno due questioni comuni di centrale rilevanza dal punto di vista della compatibilità degli smart legal contract con la disciplina del contratto: (i) il problema dell'inaccessibilità del linguaggio informatico per chi non abbia le competenze informatiche necessarie⁵⁴; (ii) l'esigenza di stabilire il grado di compatibilità tra l'ontologica rigidità del codice e l'auspicata flessibilità del contratto⁵⁵.

⁵⁴ Sul punto, diffusamente: J. ALLEN, *Wrapped and Stacked/ 'Smart Contracts' and the Interaction of Natural and Formal Language*, in *ERCL*, 2018, 307-325; J. FAIRFIELD – N. SELVADURAI, *Governing the Interface Between Natural and Formal Language in Smart Contracts*, cit. *supra* nota 51.

⁵⁵ J. SKLAROFF, *Smart Contract and the Cost of Inflexibility*, cit. *supra* nota 42, a pag. 291 affronta il tema arrivando alla conclusione per cui "The lack of flexibility in smart contracts presents a major challenge to the technology's scalability". In sintesi, in modo critico l'A. osserva che una rivoluzione su larga scala dello smart contracting introdurrebbe costi molto più elevati di quelli che cerca di eliminare, anche restando alla sola parte negoziale. Infatti, se le parti utilizzano termini precisi e specifici per ottenere un contratto quanto più completo possibile, incorrono in costi di negoziazione e di ricerca elevati che poche parti contrattuali sarebbero disposte a sostenere a fronte di una possibile riduzione degli incentivi al contenzioso. Quanto poi alla fase esecutiva, le parti possono ridurre i costi (ex ante) con termini che saranno con tutta probabilità imprecisi e ambigui, che faranno crescere i costi (ex post) del contenzioso. Anche la soluzione più pratica, che spinge verso l'utilizzo di "performance standard", appare poco utile in caso di smart contract: gli standard risulteranno efficaci solo se le parti costruiranno un "interpretive regime" ad hoc, avvalendosi della flessibilità semantica, che è tipica della contrattualistica tradizionale ma è assente nel codice informatico.

Si tratta di questioni obiettive, come abbiamo visto con l'esempio specifico sul contratto di escrow.

Il primo tema dibattuto in dottrina è quello, da un lato, di individuare le modalità attraverso cui trasformare il linguaggio naturale, presente in un contratto "tradizionale" e nelle disposizioni normative, in input aventi struttura binaria, e dall'altro come garantire l'accessibilità a quest'ultimo linguaggio per essere certi della identità dei contenuti tra il contratto e lo smart contract⁵⁶.

In particolare, le principali criticità riguardano il passaggio dal linguaggio naturale ad altri due linguaggi comprensibili per le macchine⁵⁷: il linguaggio di programmazione (che si esprime attraverso

⁵⁶ B. CARRON - V. BOTTERON, *How Smart Can a Contract Be?*, cit. *supra*, nota 33, 115-116 gli autori, con riferimento alle criticità sollevate dall'inserimento di un contratto tradizionale in una chain, sostengono che "the question of interpretation and the translation of contractual plain language into computer code is difficult [...] for at least three reasons: first, contractual language is very technical and cannot easily be replaced by commands of imperative programming (i.e., If/Then), especially when it contains indeterminate legal notions, such as termination for 'good cause', obligation of 'good faith' or 'reasonable' period of time; second, even if the contractual text could be translated into commands of imperative programming, the text is not the only element of legal interpretation; Third, without an automatic tool that allows for the transcription from computer code into plain language, using a smart contract for the conclusion of legal agreements would be significantly less interesting. Without such a tool, a manual and costly transcription would be required each and every time a difficulty arises in the performance of the contract. [...] For the time being, programmers of translating machines may fail to appreciate the importance of every word in legal contracts, which may lead to interpretation disputes once the contract is formed."

⁵⁷ S. ORLANDO, *Gli smart contract come prodotti software*, cit., *supra*, nota 31, parla di questioni "traduttologiche". Sul punto si rinvia all'accurata analisi condotta da F. LONGOBUCCO, *Utopia di un'autonoma Lex Criptographi(c)a e responsabilità del giurista*, cit. *supra*, nota 27, il quale a 31 ss. osserva che: "Il passaggio dal linguaggio semantico a quello informatico, da un lato, implica più iterazioni, prima di addivenire alla versione finale del contratto riscritto con i criteri di logica informatica, dall'altro lato, assume una rilevante "funzione filtro", poiché esso appare altresì dirimente per discernere quali clausole, concepite nel mondo giuridico, sono o non sono traducibili in linguaggio binario e, dunque, sono o non sono esportabili nel contesto informatico. Sotto altro profilo, all'atto del trasferimento dal linguaggio contrattuale umano a quello informatico, il giurista, oltre a dover ricostruire il significato delle clausole in modo metodico, logico e sequenziale, con frasi semplici e non ambigue, riducendo, in buona approssimazione, il regolamento negoziale tradizionale all'interno di singole istruzioni da compiere, deve procedere, con l'ausilio

parole, numeri, simboli di punteggiatura e altri simboli grafici) e il linguaggio macchina (composto di *bit* convenzionalmente rappresentati con i numeri 0 e 1⁵⁸) distinti come linguaggi rispettivamente di alto e di basso livello.⁵⁹

Il linguaggio di programmazione è preordinato all'elaborazione di istruzioni da tradurre nel linguaggio macchina, che trasmette le istruzioni agli elaboratori che ne consentono l'esecuzione⁶⁰. Si pone qui

dell'informatico a seconda delle competenze, a redigere il c.d. pseudo-codice ed il diagramma di flusso”.

⁵⁸ Il programma scritto in linguaggio di programmazione viene definito ‘codice sorgente’, mentre quello scritto in linguaggio macchina, che viene eseguito dal computer, è il ‘codice macchina’ (o anche ‘codice oggetto’).

⁵⁹ Gli smart contract vengono scritti in un linguaggio di programmazione di alto livello, ad esempio Solidity per la blockchain di Ethereum (si veda “Solidity: Ethereum Smart Contracts Programming Language”, <https://soliditylang.org/>) o in linguaggio di scripting, ad esempio Bitcoin Scripting (si vedano: S. NAKAMOTO, *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*, cit. *supra* nota 21, e S. BISTARELLI - I. MERCANTI - F. SANTINI, *An Analysis of Non-standard Transactions*, cit. *supra* nota 21, 93-96.) e compilati in un set di istruzioni bytecode. Il bytecode compilato di uno smart contract viene installato all'interno di un ambiente di esecuzione. Esistono diversi ambienti di esecuzione che generalmente si distinguono in due categorie: (i) interpreti basati su stack di memoria (es: Bitcoin Script interpreter) (ii) interpreti basati su macchina virtuale (es: Ethereum Virtual Machine). Sul punto si vedano: V. BUTERIN, *A Next Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform*, cit.; N. KANNENGIEBER, S. LINS, C. SANDER, K. WINTER, H. FREY, A. SUNYAEV, *Challenges and Common Solutions in Smart Contract Development*, in *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2022, 4291-4318; G. WOOD, *Ethereum: A secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*, cit. *supra* nota 21; W. Zou, *Smart Contract Development: Challenges and Opportunities*, in *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2021, 2084-2106. In entrambi i casi, le istruzioni del bytecode dello smart contract vengono eseguite direttamente sulla blockchain. Gli ambienti di esecuzione si differenziano per il linguaggio di programmazione, la tipologia di comandi interpretabili (es: istruzioni, funzioni, loop computazionali) e la tipologia di memoria utilizzata (Z. ZHENG, S. XIE, H-N. DAI, W. CHEN, X. CHEN, J. WENG, M. IMRAN, *An Overview in Smart Contracts: Challenges, advances and platforms*, *op. ult. cit.*; C. CONNORS - D. SARKAR, *Comparative Study of Blockchain Development Platforms: Features and Applications*, 2022, eprint: arXiv:2210.01913.

⁶⁰ Per trasferire all'elaboratore le istruzioni originariamente concepite e poi espresse in linguaggio naturale è necessario tradurle in una ‘lingua’ del linguaggio di programmazione (prima traduzione) e successivamente dalla ‘lingua’ del linguaggio di programmazione a una ‘lingua’ del linguaggio macchina (seconda traduzione). Della prima fase si occupano i programmatori, mentre per la seconda agisce

un tema di adattabilità, derivante dalla trasposizione della semantica contrattuale in chiave algoritmica: il linguaggio umano viene “convertito” in codice di programmazione, che sostituisce la normale comprensibilità, flessibilità e duttilità del linguaggio naturale con la rigidità dialettica binaria (0 e 1)⁶¹.

La ‘traduzione’ dal linguaggio naturale comporta poi un tema di adeguata conoscibilità e quindi consapevolezza delle parti di uno smart legal contract, particolarmente rilevante in taluni settori. Ad esempio, nei settori bancario e finanziario i requisiti di trasparenza sono decisivi per valutare sia la correttezza del comportamento adottato all’intermediario, sia l’intelligibilità dell’accordo sul piano della comprensibilità del contenuto e degli effetti⁶².

La questione della traduzione, nel contratto, dal linguaggio naturale al linguaggio macchina *via* linguaggio di programmazione è tuttora irrisolta nel dibattito dottrinale.

Più o meno ampia che sia la flessibilità garantita da un linguaggio di programmazione rispetto a un altro (i.e. Python, JavaScript), resta l’elemento di fiducia che il contraente deve porre nello sviluppatore, che traduce dal linguaggio naturale. Per intenderci: se un contratto che deve essere eseguito in cinese è redatto in due lingue, inglese e cinese, e una delle parti conosce l’inglese, non anche il cinese, l’esecutorietà del contratto è subordinata a una traduzione giurata. Analogamente, se un contratto in linguaggio naturale viene tradotto in linguaggio macchina, ci si chiede chi debba certificare la correttezza della traduzione. Questo problema, che resta per ora insoluto, inficia, ad oggi, tutta l’elaborazione della dottrina giuridica.

Il rischio connesso al linguaggio e il rischio di astrazione da qualunque ordinamento, dalla cui appartenenza lo smart legal contract può in teoria prescindere⁶³, sono talmente rilevanti da indurre molti a ritenere questo strumento inopportuno, perché finirebbe per dare potere

automaticamente l’elaboratore attraverso appositi programmi progettati con questo scopo (c.d. compilatori).

⁶¹ G. RINALDI, *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, cit., *supra* nota 33; J. SKLAROFF, *Smart Contract and the Cost of Inflexibility*, cit., *supra* nota 42.

⁶² Si veda sul punto la pubblicazione di Banca d’Italia relativa alla individuazione di standard e linee guida sugli smart contract (*supra*, nota 18).

⁶³ *Infra*, note 87 e 88.

solo a chi decide e scrive le regole del codice. E' questo il rischio insito nella formula *Code is Law*⁶⁴, declinata oggi secondo alcune derivate, la più rilevante delle quali è la 'rule of code', che sostituisce, in tutto o in parte, la 'rule of law'⁶⁵. In sintesi, secondo il principio 'Code is Law' il codice di ogni blockchain è la norma fondamentale, poiché è il parametro di legittimità di ogni smart contract, il quale può operare solo se esegue correttamente il codice. Questa impostazione produce molte conseguenze, due forse più rilevanti delle altre. La prima: trasforma lo smart contract in norma, il codice in norma fondamentale e la blockchain in ordinamento⁶⁶. La seconda: conduce - secondo parte della

⁶⁴ L. LESSIG, *Code version 2.0*, Basic Books, 2006; L. LESSIG, *Law Regulating Code Regulating Law*, in *Loyola University Chicago Law Journal* 2003, 8 ss.; L. LESSIG, *Code is law*, in *Harvard Magazine*, 1.1.2000.

⁶⁵ P. DE FILIPPI, M. MANNAN, W. REIJERS, *Blockchain Technology and the Rule of Code: Regulation via Governance*, 2023, disponibile su https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4292265. Gli autori partono dal confronto tra internet e tecnologia blockchain, quali tecnologie che resistono alla regolamentazione tradizionale, per introdurre la nozione di rule of code come alternativa alla nozione di rule of law: "We refer here to the rule of code as a new regulatory principle introduced by blockchain technology, which distinguishes itself both from the rule by code enacted by large Internet platforms, and the rule of law endorsed by states. [...] The rule of code is used to stress the fact that technological arrangements can be designed in such a way as to eliminate—or, at least, reduce—the arbitrary influence of any single actor (including the state) over the operations of a technological system as no individual actor can unilaterally dictate actions or changes to the blockchain network, including core developers. In other words, if we continue to use a constitutional lens, no actor has a claim to sovereign authority over the network."

⁶⁶ In questa ricostruzione, lo smart contract è la norma che opera utilizzando un codice (le cui regole deve quindi rispettare) all'interno di un sistema tecnologico (la blockchain). Gli smart contract si differenziano, alla base, in relazione alla blockchain su cui operano. Ciascuna blockchain presenta potenzialità e limiti propri, diversi da quelli delle altre blockchain; ne consegue che gli smart contracts che vi operano dovranno tener conto di questi limiti e sfruttare appieno queste potenzialità. Quindi, lo smart contract viene redatto utilizzando un codice e in conformità con la blockchain su cui opera. Quando ad operare sulla chain sono smart legal contracts, che definiscono i rapporti giuridici tra due o più parti, anche la blockchain utilizzata assume rilievo giuridico. Poiché la blockchain è una infrastruttura indipendente dalle altre, alle cui regole gli smart contracts devono soggiacere, possiamo qualificarla, su un piano giuridico, come vero e proprio ordinamento. Ciascun ordinamento-blockchain si relazionerà poi con altri; si pone in questo caso il tema fondamentale dell'interoperabilità, poiché smart contracts costruiti per operare su una determinata

dottrina - alla conseguenza ultima della sostituzione del principio dell'eguaglianza di fronte alla legge (rule of law) con quello della neutralità rispetto al codice (rule of code). In particolare, queste ultime tesi, che indagano potenzialità e limiti delle organizzazioni decentralizzate sulla blockchain (DAO) si scontrano, a nostro avviso, con l'evidenza del fatto che tale neutralità costituisce un atto di fede, in assenza di una procedura e di un metodo che consentano di accertare e certificare la corretta traduzione del codice in linguaggio naturale, l'unico che garantisce all'utente un grado (più o meno elevato, a seconda dei casi) di consapevolezza e consente il controllo di legalità, anche pure intesa, agli estremi, come legalità rispetto al codice.

Ciò che sembra insuperabile, in termini più generali, è il problema del lato oscuro dello smart legal contract che deriva dall'assenza di linguaggio naturale.

Questi rilievi portano in evidenza il tema di fondo, nevralgico, di cercare di capire come fare incontrare tecnologia e diritto senza fare soccombere il secondo alla prima.

Su questo terreno – su cui si cimentano gli studiosi da ormai qualche lustro in chiave etica, giuridica, filosofica – si è aperto di recente un dibattito di teoria generale del diritto che ha indotto alcuni filosofi persino a parlare di morte del diritto in quanto i dispositivi tecnologici, potendo rendere impossibile l'inadempimento, manderebbero in crisi il concetto di *human agency*, accentuando il rischio della perdita di capacità di giudizio; limitando la possibilità alternativa di scegliere se rimanere fedeli all'accordo o assumersi la responsabilità della violazione della regola; andando inoltre a scontrarsi con la difficoltà di adattare la regola alle esigenze ulteriori non già considerate⁶⁷.

Oppure, da un diverso angolo visuale, e per dirla con termini più vicini alla sensibilità del giurista positivo, ci si chiede in che misura l'automatismo dello smart legal contract escluda la flessibilità nell'interpretazione della regola negoziale e l'adattabilità dell'accordo al cambiamento di circostanze.

blockchain non saranno utilizzabili per operare su altre blockchain. Questo problema è risolto oggi con soluzioni tecnologiche sempre più avanzate, ma ancora non pienamente soddisfacenti.

⁶⁷ Parla di fine del diritto, peraltro come conseguenza dell'impatto della tecnologia, W. LUCY, *The Death of Law, Another Obituary*, in *Cambridge Law Review*, 2022, 109 ss.

Questo aspetto è stato oggetto di grande attenzione nel dibattito internazionale⁶⁸: si osserva al riguardo che poiché le disposizioni di uno smart legal contract non sono interpretate in conformità con la legge né con la volontà delle parti ma con il codice dello smart contract, quest'ultimo potrebbe eseguire un particolare insieme di condizioni (definite dal codice), anche se il contratto voluto dalle parti contraenti richiederebbe, in base alla volontà delle parti e alle circostanze, un diverso tipo di esecuzione.

Di conseguenza, l'esecuzione degli smart legal contract potrebbe creare un disallineamento tra la volontà delle parti, le disposizioni stabilite dall'ordinamento giuridico tradizionale (conformemente al diritto contrattuale) e le condizioni stabilite dall'infrastruttura tecnologica di una blockchain (in conformità con il suo protocollo sottostante e lo smart contract). In questa prospettiva si distingue in dottrina tra la regolamentazione per legge dalla regolamentazione per codice per quanto riguarda le loro proprietà intrinseche (es. linguaggio naturale vs. formale linguaggio computabile; emendabilità vs. immutabilità; applicazione ex post da parte di terzi vs. assenza di controllo ex post).

Gli aspetti richiamati sono di grande rilievo teorico e pratico, nonché di difficile soluzione; tuttavia, nel prosieguo di questa indagine si cercherà di tracciare un percorso che sia compatibile con l'attuale stato dell'arte, e di stabilire se vi sia un modo per trovare un punto di incontro tra regolamentazione per legge e per codice, superando l'impostazione che le contrappone.

Sezione II – *Dagli smart legal contracts ai Contracts on Chain*

5. *L'esigenza da cui si muove*

L'idea è che alcuni dei problemi che si è fin qui posta la dottrina possano essere risolti anche considerando gli sviluppi più recenti delle tecnologie: è proprio l'evoluzione tecnologica a fornire risposte a molti dei quesiti sollevati.

⁶⁸ Per un panorama aggiornato del dibattito si veda: M. Blaszczyk, *Smart Contracts, Lex Cryptographia, and Transnational Contract Theory*, cit. *supra* nota 57.

Infatti, le *public*⁶⁹ blockchain di terza generazione hanno caratteristiche che le differenziano dalle generazioni precedenti sul piano qualitativo. Queste novità sono funzionali a raggiungere una maggiore efficienza dell'infrastruttura, che a sua volta consente l'utilizzo di una serie di strumenti che, per la prima volta, avvicinano la blockchain alla vita reale. Quanto al contratto in particolare, le *public* blockchain consentono oggi di far convivere nello stesso ecosistema contratti di tipo tradizionale con *smart legal contracts* funzionali alla loro esecuzione, garantendo una *user experience* analoga a quella dei contratti on line (in linguaggio naturale) e offrendo però, rispetto a questi ultimi, tutte le garanzie proprie della blockchain.

In altri termini, l'ipotesi da cui si muove è quella di non considerare gli *smart legal contracts* isolatamente. In dottrina e nella prassi è già accettata l'idea di configurare contratti digitali che includano *smart contracts*⁷⁰; ma un'integrazione tra i due può essere molto più rilevante

⁶⁹ Come specificato in nota 14, abbiamo iniziato a sviluppare i *contracts on chain* nel 2019 su una blockchain *private* (Hyperledger Fabric), per poi optare nel 2022 a favore di una blockchain *public* (Algorand), soprattutto in ragione del fatto che le blockchain *public* di terza generazione presentano caratteristiche tali da superare gran parte dei limiti delle blockchain *private*, al punto di ridurre, o eliminare, con opportuni accorgimenti, gli inconvenienti che presentavano le blockchain *public* di seconda generazione.

⁷⁰ Negli 'ELI Principles on Blockchain Technology, Smart Contracts and Consumer Protection' (European Law Institute, 2022) il Principio n. 2 (Tipi di *smart contract*) chiarisce che:

A) si possono distinguere vari tipi di SMART CONTRACT. Uno SMART CONTRACT può essere: (1) mero CODICE: non esiste alcun accordo giuridico (la situazione è una mera TRANSAZIONE nel senso tecnico del termine); (2) uno strumento per eseguire un accordo giuridico; l'accordo giuridico esiste OFF-CHAIN; (3) una dichiarazione di volontà giuridicamente vincolante, come un'offerta o un'accettazione, oppure costituire esso stesso un accordo giuridicamente vincolante; oppure (4) integrato con il contratto e quindi esiste sia ON-CHAIN che OFF-CHAIN.

B) Se lo SMART CONTRACT è integrato con il contratto, è necessario che le parti determinino in primo luogo se l'accordo debba essere trattato come ON-CHAIN o OFF-CHAIN.

C) I PRINCIPI si concentrano sugli SMART CONTRACT come dichiarazione giuridicamente vincolante (ad esempio un'offerta o un'accettazione) e sugli SMART CONTRACT come accordo. L'ipotesi descritta al punto (4) è anche definita *Ricardian Contract*, modello consistente in un unico documento, scritto in linguaggio sia semantico sia informatico per essere contestualmente compreso sia dall'uomo sia dalla macchina (*machine readable*) (c.d. modello ibrido). Questo modello è ipotizzato

se si rovescia la prospettiva, ricorrendo alla blockchain associata allo smart legal contract come a un procedimento per: i) concludere un contratto digitalmente in linguaggio naturale negoziando il contenuto direttamente sulla blockchain; ii) caricarlo poi come documento protetto da hash sulla blockchain in modo da renderlo disponibile solo ai detentori di chiave crittografica; iii) eseguirlo in parte mediante la tecnologia sottostante degli smart legal contracts; iv) collegarlo, in modo nativo, ad altri contratti. In sintesi, un contratto concluso non su internet (digitale), bensì sulla public blockchain e che acquisisce le caratteristiche della chain su cui è creato, sviluppato, utilizzato.

Naturalmente e originariamente sinergiche, tali tecnologie permettono, da un lato, di produrre un contratto in formati strutturati, con codice di supporto che funge da mappa o insieme di istruzioni consentendo a un computer di leggerlo e, dall'altro lato e al contempo, di registrare sulla blockchain, con una marca temporale, il testo contrattuale in linguaggio naturale. Si realizza così l'effetto di offrire agli utenti la possibilità di interagire direttamente con il testo contrattuale.

Vale la pena dunque chiarire subito che non si intende qui fare riferimento né al cd. 'Contratto Ricardiano' né al cd. Split contract. Infatti, il 'contratto ricardiano' non è un modello di contratto, ma un software design, creato nel 1996 da I. Grigg per registrare l'intenzione delle parti di addivenire a un accordo, e collegare tale rappresentazione della volontà a sistemi terzi (i.e. accounting software) per attribuirgli effetti giuridici. Recentemente, tra i sistemi esterni, è divenuto possibile utilizzare la blockchain. Questo ha consentito la creazione di una nuova versione del software design conosciuto come contratto ricardiano (versione detta 'ibrida') caratterizzata da tre elementi: prosa, parametri, codice (cd. Tripla Ricardiana)⁷¹. Neppure si vuole richiamare qui il c.d.

da I. GRIGG, *The Ricardian Contract in Proceedings of the First IEEE Workshop on Electronic Contracting*, 2004, nonché ID. *Why the Ricardian Contract Came About? A Retrospective Dialogue with Lawyers*, in J.G. Allen - P. Hunn (a cura di), *Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice*, Oxford, 2022, 88 e ss..

⁷¹ I. GRIGG, *The Ricardian Contract*, *op. ult. cit.*. Aderisce a questa impostazione e approfondisce il tema F. LONGOBUCCO, *Utopia di un'autonoma Lex Criptographi(c)a e responsabilità del giurista* cit. *supra*, nota 27. spec. A pag. 65 in cui sintetizza la propria posizione affermando che "una volta predisposto il "code informatico" da parte dello sviluppatore, il giurista dovrà optare tra il c.d. modello esterno, ossia uno smart contract in grado di automatizzare soltanto talune clausole

split contracting model, che, a differenza del ‘contratto ricardiano’, collega in modo immodificabile il contratto in forma scritta, comprensibile dall’uomo, con l’architettura – che resta separata - degli smart contracts, comprensibile dalla macchina, che ne amministra l’esecuzione.

Nell’impostazione che si adotta in questo lavoro, invece, ci riferiamo a un modello nuovo di procedimento negoziale complesso, che consente alle parti di negoziare, sottoscrivere, eseguire in tutto o in parte un contratto scritto in linguaggio naturale, non su internet (come un normale contratto on-line) ma direttamente sulla blockchain. In questo modo, l’intera attività delle parti è registrata sulla blockchain e ivi eseguita, se così disposto dalle parti. Per restare alla tripartizione ‘ricardiana’, i contracts on chain sono caratterizzati da prosa, codice (inteso come software design) e blockchain, che operano in modo concertato tra loro, indissolubile e non modificabile (se non dalle parti,

contenute in un contratto off-chain ed il c.d. modello solo codice, ossia uno smart contract scritto unicamente in linguaggio informatico e, in quanto tale, scambiato ed accettato dalle parti. Rimane, invero, una terza via, che è quella dell’adozione del c.d. modello ibrido, ovvero di un “code informatico” al quale accede, altresì, un documento contrattuale, anch’esso informatico, ma scritto in linguaggio semantico: ciò può prendere corpo, (...), in un Ricardian Contract, ovvero nello split contracting mode. In presenza del modello ibrido, in ogni caso, entrambe le due fisionomie (umana ed informatica) del contratto risulteranno vincolanti per le parti”. Per una ricostruzione in dottrina del legame tra contratto e legal design si vedano, tra gli altri: J. HAZARD, H. HAAPIO, *Wise Contracts: smart contracts that work for people and machines*, in R. Schweighofer et al. (Eds.), *Trends and Communities of Legal Informatics*. Proceedings of the 20th International Legal Informatics Symposium, IRIS 2017 Österreichische Computer Gesellschaft OCG, Wien 2017, 425-432; C. CLACK, V. BAKSHI, L. BRAINE, *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*. Version v2, 3 August 2016(a), disponibile in <https://arxiv.org/abs/1608.00771>; ID., *Smart Contract Templates: essential requirements and design*; H. Haapio, *Designing Readable Contracts: Goodbye to Legal Writing – Welcome to Information Design and Visualization*, in E. Schweighofer, F. Kummer, W. Hötendorfer (Eds.), *Abstraction and Application*. Proceedings options. Version v2, 15 December 2016(b), disponibile in <https://arxiv.org/abs/1612.04496>; S. PASSERA, *Beyond the wall of text: how information design can make contracts user-friendly*, in A. Marcus, (Ed.), *Design, User Experience, and Usability: Users and Interactions*, Springer International Publishing 2015, 341–352; P. SZTORC, *Upgrading «Smart Contracts» to «Wise Contracts»*, 2017, disponibile in <http://bravenewcoin.com/news/upgrading-smart-contracts-to-wise-contracts/>.

d'accordo tra loro – *infra*, par. 15). Rispetto a un contratto on-line – di cui peraltro, ereditano la user experience - i contracts on chain acquisiscono elementi 'di struttura' che derivano dalla blockchain su cui operano; questo attribuisce loro caratteristiche di certezza e sicurezza (che dipendono dalla chain) mantenendo però inalterata la conoscenza (e quindi la consapevolezza) delle parti, che deriva dal linguaggio naturale utilizzato. L'elemento di collegamento tra il linguaggio naturale e la blockchain (il software eseguito) è però anch'esso trasparente, in quanto registrato su una blockchain public, accessibile (mediante un normale strumento di navigazione sulla chain: explorer) dalle parti, dall'interprete, dal regolatore, dall'arbitro o dal giudice, a seconda dei casi e delle materie. Come si vedrà nel prosieguo, il software eseguito sulla blockchain public è accessibile e facilmente comprensibile anche da un giurista o da cui, a qualunque titolo, sia deputato a esercitare un controllo sull'attività dei privati, che potrà quindi, in alternativa, direttamente accertare e verificare la correttezza degli strumenti di registrazione e di esecuzione della volontà delle parti, oppure avvalersi, a questo fine, di un soggetto terzo (certificatore).

In sintesi, con la formula "contracts on chain" alludiamo sia al procedimento negoziale sia al risultato negoziale cui si perviene: contratti, simili a contratti on-line (e con il vantaggio, significativo, di avvalersi della medesima, consolidata user experience di questi ultimi) che però si avvalgono della blockchain, *via* software design, che utilizza smart contracts per acquisire o rafforzare la certezza contrattuale sul piano della negoziazione, della sottoscrizione, dell'enforcement. La valenza negoziale viene peraltro potenziata dalla blockchain su cui il contratto viene scritto, negoziato, stipulato, eseguito. Ai 'contracts on chain' è dedicato il prosieguo dell'indagine.

6. *Le caratteristiche delle blockchain di terza generazione e la loro rilevanza*

Le proprietà tecnologiche delle public blockchain di terza generazione assumono rilevanza determinante ai fini dello sviluppo dei contracts on chain, poiché la tecnologia da un lato diviene strumento di regolazione (da cui, la ricostruzione, in dottrina, di una 'regulation by

technology⁷²), e dall'altro fornisce alcune garanzie necessarie per consentire l'integrazione/ibridazione tra contratti on-line, scritti in linguaggio naturale, e smart legal contracts. Le caratteristiche più importanti riguardano il piano dell'efficienza energetica, dei costi di transazione, della scalabilità, della decentralizzazione, della sicurezza, del perfezionamento della transazione, dell'impossibilità di fork, della contestualità dello scambio tra prestazione e controprestazione. In particolare: la velocità di esecuzione e di registrazione sulla blockchain consente un vero negoziato tra le parti⁷³; i costi di registrazione sono minimi, anche in ragione della riduzione esponenziale dei consumi energetici e consentono di registrare quindi ogni passaggio, anche negoziale⁷⁴. La scalabilità elevata (intesa come numero di operazioni possibili al secondo) permette di utilizzare lo strumento in modo massivo, anche ai fini dei pagamenti⁷⁵. Gli strumenti di DvP (delivery vs payment) consentono di garantire la contestualità tra prestazione e controprestazione sulla chain, riducendo quindi in modo significativo (eliminandolo, in alcuni casi) il rischio di inadempimento contrattuale, e comunque il rischio di controparte⁷⁶. La finalità immediata della

⁷² F. Bassan, *Web 3 Regulation in Transition, Competition Policy International*, in *TechREG CHRONICLE*, 2023; F. Bassan, *Digital Platforms and Blockchains: The Age of Participated Regulation*, in *European Business Law Review*, 2023/7.

⁷³ Oggi avviene inserito sulla chain un nuovo blocco ogni 3,2 secondi (su Algorand).

⁷⁴ I costi di ciascuna transazione sulla blockchain Algorand sono pari a 0,00001€. Quanto poi all'efficienza energetica, il passaggio dalla proof of work (Bitcoin, Ethereum prima del merge) alla proof of stake, che caratterizza le blockchain di terza generazione, consente di ridurre di vari ordini di grandezza il consumo energetico. Le blockchain tecnologicamente più avanzate hanno un consumo equivalente a quello di tre edifici (al contrario, ancora oggi la blockchain Bitcoin consuma quanto l'intera Olanda). Per un approfondimento sui costi transattivi si veda: A. DELGADO DE MOLINA RIUS, *Smart Contracts: Taxonomy, Transaction Costs, and Design Trade-offs*, in J.G. Allen e P. Hunn (a cura di), *Smart Legal Contracts: Computable Law in Theory and Practice*, Oxford, 2022, 107 e s. e, spec., 121 e ss.

⁷⁵ La scalabilità delle blockchain di ultima generazione è rilevante: si passa infatti da 16 operazioni al secondo (Ethereum) a 10.000 (Algorand) che possono arrivare facilmente, non appena l'uso dell'infrastruttura lo renderà necessario, a 40.000: per intenderci, l'ordine di grandezza degli scambi dei sistemi di carte di credito attuali.

⁷⁶ Quanto poi allo scambio tra prestazione e controprestazione, e quindi al perfezionamento dell'accordo, la terza generazione di blockchain (es: Algorand) garantisce la contestualità. Prestazione (es. vendita di un asset) e controprestazione (es: pagamento del prezzo) avvengono in un unico blocco della catena (scambio

transazione - definitiva dal momento in cui viene registrata sulla chain – garantisce le parti rispetto alla possibile compromissione di ogni blocco della catena, su cui vengono registrate le operazioni e impedisce, dunque, su un piano ontologico, la possibilità di forks, ovvero di sdoppiamenti della catena, con la conseguente eliminazione del rischio che una transazione o, nel caso che ci occupa, una manifestazione di volontà, sia contestualmente su due rami diversi della catena, indirizzata a due soggetti diversi: il registro infatti è unico e non è modificabile a posteriori⁷⁷. Il livello di sicurezza delle public blockchain di terza generazione⁷⁸, determinato da un lato dal grado di decentralizzazione, dall'altro dalla crittografia utilizzata, particolarmente raffinata (resistente anche, in prospettiva, alla sfida dei computer quantistici) conferisce alla blockchain certezza di integrità⁷⁹.

atomico). Se le due prestazioni non sono registrate nello stesso blocco, l'operazione (nel caso ipotizzato, la vendita di un asset) non si verifica. Gli strumenti di funzionamento della blockchain garantiscono quindi dai rischi di inadempimento (di consegna dell'asset e di pagamento del prezzo).

⁷⁷ Le blockchain di prima e di seconda generazione richiedevano, per il perfezionamento di una transazione, la generazione sulla catena di diversi blocchi successivi a quello in cui la transazione era inserita. Questo, per garantire una 'ragionevole probabilità' che l'operazione fosse inserita in un blocco collocato nel 'ramo giusto' della catena, in caso di fork. Alcune blockchain di ultima generazione assicurano invece la finalità immediata della transazione - definitiva nel momento in cui è registrata sulla chain - e sono quindi compliant con le norme europee in materia (i.e. settlement finality - Direttiva 96/28/CE).

⁷⁸ Tra le blockchain di terza generazione usiamo in questo scritto a riferimento le caratteristiche della blockchain Algorand, considerata lo stato dell'arte delle public blockchain sul piano tecnologico, e che abbiamo utilizzato in concreto per continuare, su una blockchain *public*, a partire dal 2022, lo sviluppo di contracts on chain, avviato nel 2019 su una blockchain *private* (Hyperledger).

⁷⁹ Il grado di decentralizzazione delle *public* blockchain rileva a diversi fini: in primo luogo, indica i limiti e le soglie che consentono di controllare la validazione dei blocchi. Più è elevato il numero dei validatori, più è difficile per un attaccante assumere il controllo del sistema di validazione. Questo rileva perché il controllo su chi decide la validazione del blocco consente di stabilire se alcune operazioni inserite in un blocco non sono valide. In secondo luogo, il grado di decentralizzazione incide sulla governance della blockchain: maggiore è il numero di validatori, più alta è la probabilità che partecipino alle decisioni sugli aspetti fondamentali, anche di sviluppo, della blockchain. Il grado di decentralizzazione di una blockchain incide anche su altri profili, meno rilevanti ai fini di questo articolo: ad esempio, negli Stati Uniti, sulla qualifica o meno come securities delle valute virtuali (crypto-currencies) che servono per far funzionare la blockchain. Il livello di sicurezza delle blockchain

Fin qui, le caratteristiche delle public blockchain, che le rendono più performanti della blockchain private, operate da uno o più soggetti, che non possono però garantire un livello di scalabilità, sicurezza, decentralizzazione, costi, settlement finality, comparabile a quello assicurato dalle public blockchain.

7. Piattaforma logiche su blockchain public

Una conseguenza delle numerose qualità sopra elencate delle public blockchain di ultima generazione è che le transazioni registrate sono trasparenti: una volta inserite nel registro sono visibili a tutti. A ciò si aggiunga che la decentralizzazione, quando realmente si realizza, non consente l'esercizio di alcuna forma di controllo esterno sull'attività o sulle transazioni.

Queste caratteristiche hanno indotto alcuni studiosi (si pensi a chi si occupa di DAO⁸⁰) a ipotizzare una nuova modalità di governance, che

è cresciuto insieme a quello delle generazioni delle blockchain, e ha subito un'evoluzione in parte indipendente, in parte derivata dallo sviluppo delle altre caratteristiche delle blockchain. Quanto al primo elemento, alcune blockchain di terza generazione hanno protocolli di sicurezza che utilizzano una crittografia avanzata, *quantum resistant*. Quanto al secondo, la crescita del grado di decentralizzazione e di scalabilità rendono oggettivamente più difficile la compromissione di un blocco della catena.

⁸⁰ Le DAO, intese come “not a blockchain network in and of itself, but rather organisations deployed as smart contracts on top of an existing blockchain network” hanno origini relativamente recenti: prima dell'avvento di Bitcoin esistevano le DAC (*Decentralized Autonomous Corporations*) legate esclusivamente alla governance aziendale e quindi inadeguate per soddisfare scopi più generali. Per un approfondimento sul punto si vedano S. HASSAN, P. DE FILIPPI, *Decentralized Autonomous Organizations*, in *Internet Policy Review*, 2021, 10 ss., i quali descrivono una DAO come “a blockchain-based system that enables people to coordinate and govern themselves mediated by a set of self-executing rules deployed on a public blockchain, and whose governance is decentralised (i.e., independent from central control)”. Anche B. CARRON, V. BOTTERON, *How Smart Can a Contract Be?*, cit. *supra*, nota 33, a pag. 110, precisano: “Each member of a DAO contributes by bringing his own efforts or resources, such as cryptocurrencies, in exchange for tokens. The member then participates in the decision-making process within the DAO. A DAO functions without the need for a management team and can be directly governed by its members according to the rules encrypted in the code.” Analogamente: N. AUGUSTIN - A. ECKHARDT - A. WILLEM DE JONG, *Understanding decentralized autonomous organizations from the inside*, Springer, 2023. Oggi la DAO

sostituisce o si affianca a quella tradizionale, capace di democratizzare non solo la finanza, ma anche l'intera società, proprio grazie alla struttura decentralizzata su cui si esercita. Infatti, ogni volta che un dato è immesso sulla blockchain, non viene immagazzinato in un unico luogo, ma distribuito contemporaneamente in tutti i nodi di un registro sicuro, universale, crittografato e, appunto, decentralizzato. Come detto, questo consente di eliminare i costi di intermediazione, rafforzare la sicurezza, evitare di concentrare il governo in mano a pochi.

Questo orientamento in dottrina vede, nell'evoluzione del Web3 decentralizzato, l'antidoto al rischio che si è palesato con il Web2, in cui l'ecosistema di internet ha portato alla crescita di poche piattaforme digitali (cd. BIG TECH) i cui modelli di business, pur differenti tra loro⁸¹, rendono al meglio in un mercato oligopolistico, verso il quale tendono quindi in modo naturale.

può essere riferita a un'ampia varietà di strutture. In termini di governance alcuni studiosi si sono concentrati sui limiti e le sfide che derivano dall'utilizzo di questa struttura sulla tecnologia blockchain: J. Z. GARROD, *The real world of the decentralized autonomous society*, in *TripleC: Communication, Capitalism & Critique*, 2016, 62–77; U. CHOCHAN, *The Decentralized Autonomous Organization and Governance Issues (Notes on the 21st Century) [Discussion Paper]*, University of New South Wales, 2017, disponibile su <https://doi.org/10.2139/ssrn.3082055>; K. T. MINN, *Towards Enhanced Oversight of "Self-Governing" Decentralized Autonomous Organizations: Case Study of the DAO and Its Shortcomings*, in *NYU J. Intell. Prop. & Ent. L.*, 2019, 139 ss.; M. HÜTTEN, *The soft spot of hard code: Blockchain technology, network governance and pitfalls of technological utopianism*, in *Global Networks*, 2019, 329–348. Altri hanno valorizzato le opportunità che l'utilizzo delle DAO offre: D. ROZAS - A. TENORIO-FORNÉS - S. DÍAZ-MOLINA - S. HASSAN, *When Ostrom Meets Blockchain: Exploring the Potentials of Blockchain for Commons Governance*, 2018, disponibile su <https://eprints.ucm.es/id/eprint/59643/1/SSRN-id3272329.pdf>; Y. HSIEH - J. VERGNE - P. ANDERSON - K. LAKHANI - M. REITZIG, *Bitcoin and the rise of decentralized autonomous organizations*, in *Journal of Organization Design*, 2018, 1–16; K. JONES, *Blockchain in or as governance? Evolutions in experimentation, social impacts, and prefigurative practice in the blockchain and DAO space*, in *Information Polity*, 2019, 469–486.

⁸¹ Q. DUPONT, *Experiments in Algorithmic Governance/A history and ethnography of "The DAO" a failed Decentralized Autonomous Organization*, in M. Campbell-Verduyn (Ed.), *Bitcoin and Beyond: Cryptocurrencies, Blockchains, and Global Governance*, 2017, 157-177 precisa: "Either way, The DAO introduced and explored an interesting technology for experimenting with governance issues and new models of society. [...] Despite the utopian rhetoric on the one hand, and the largely critical academic literature on the other, what remains unclear with these technologies

Applicata al mondo di oggi, specie finanziario, la vera decentralizzazione appare tuttavia ancora lontana. Se l'innovazione digitale ha un ritmo velocissimo, la transizione digitale non avviene alla stessa velocità. La fiducia di imprese e mercati nelle nuove tecnologie cresce a un ritmo più lento, ha bisogno di tempo perché regolatori, mercati, utenti possano fidarsi di governare i fenomeni in modo nuovo. In particolare, se l'assenza di regole stringenti nell'Unione Europea è un utile incentivo a promuovere l'innovazione, è anche vero che la mancanza di un livello di regolazione minima e condivisa nel settore della finanza decentralizzata (De-Fi) non aiuta a consolidare un mercato. Un ruolo di intermediazione e/o di controllo è ancora talvolta necessario e richiesto dalle norme di molti dei settori (i.e. bancario, finanziario, assicurativo) in cui la blockchain può sviluppare le applicazioni più rilevanti.

Questa esigenza di controllare le iniziative economiche e la tecnologia stessa con le sue conseguenze ha orientato il mercato a costruire sulle public blockchain 'piattaforme logiche ad accesso controllato' o, in alternativa, a ricorrere alle blockchain private, le quali tuttavia non presentano i vantaggi cui si è accennato e che sono propri delle pubbliche⁸².

Intendiamo per piattaforme logiche ad accesso controllato, infrastrutture digitali in grado di connettere tra loro sistemi diversi ed esporli su una o più public blockchain, mediante interfacce semplificate, a utenti abilitati a seguito di una procedura di identificazione e validazione, i quali possono così accedere ai prodotti e ai servizi offerti dalla piattaforma.

Le piattaforme logiche ad accesso controllato utilizzano le *public* blockchain, mantenendo tutti i vantaggi delle blockchain su cui insistono, consentendo anzi agli operatori di essere più facilmente *compliant* con le norme dei mercati regolati, ma aggiungono elementi di controllo che le rendono simili, quanto a tutele, alle blockchain *private*. L'accesso a queste piattaforme logiche su blockchain *public* è subordinato infatti, tra l'altro, al superamento di una procedura di KYC (know your customer), alla compilazione dei moduli di adeguata

is whether they constitute an extension of existing socio-technical apparatuses, or are a decisive break with the past.”

⁸² Sulle differenze tra blockchain *private* e *public* si veda *supra*, par. 6.

verifica, AML (anti-money laundering), all'utilizzo di wallets non anonimi, forniti dalla piattaforma⁸³. A tal fine chi opera la piattaforma adotta strategie di whitelisting per garantire l'accesso alla piattaforma solo a indirizzi crypto pre-approvati, per poter poi procedere a verificare il rispetto delle diverse regole giuridiche imposte dalla disciplina di settore, ad esempio in materia di antiriciclaggio. Inoltre, questo processo garantisce anche che gli intermediari, i clienti, i denari che entrano nella piattaforma vengano verificati preventivamente, per cui una volta inseriti e operanti su una public blockchain, tutte le manifestazioni di volontà da loro espresse e le transazioni, anche economiche, registrate, rimangono tracciate in modo sicuro, permanente e immutabile. Al contempo, la piattaforma logica garantisce la protezione dei dati.

La blockchain *public* si trasforma così, *via* piattaforma logica, in uno strumento di compliance efficiente per garantire la correttezza dei comportamenti di tutti coloro che vi operano⁸⁴.

L'operatore della piattaforma logica può anche proporre servizi 'di piattaforma' (tali sono, ad esempio, le procedure per accedere alla piattaforma, comprese le verifiche preventive), o prodotti e contratti forniti dalla piattaforma. Tra questi ultimi, per quanto qui interessa, possono ipotizzarsi, come vedremo, al ricorrere di determinate condizioni, *contracts on chain*.

Struttura e attività di queste piattaforme logiche sono, in linea teorica, potenzialmente coerenti sia con le norme vigenti nell'UE nei settori regolati – o almeno con parte di esse e non potendosi escludere che intervenga nel prossimo futuro anche un regolatore per selezionare le regole da osservare e/o per innovare la normativa attuale in chiave evolutiva – sia con i requisiti richiesti, nell'Unione europea, dall'attuale versione della proposta di Regolamento 'Data Act' (robustezza, cessazione e interruzione sicura, archiviazione e continuità dei dati, controllo dell'accesso); sia con la possibilità di individuare, anche in

⁸³ Queste procedure consentono, a chi opera la piattaforma, di garantire le forme di controllo tipiche di una *private* blockchain, superando però i limiti tipici di questa. Il risultato è una forma di controllo all'ingresso della piattaforma che è coerente con la normativa vigente di settore, unita a un livello di sicurezza, velocità, scalabilità, economicità garantiti dalla blockchain *public*.

⁸⁴ Chi utilizza la piattaforma è preventivamente registrato, e tutte le operazioni che esegue restano tracciate, sono verificabili in tempo reale e sono a lui riconducibili.

questo modello “distribuito” di governance, soggetti responsabili per i rischi tecnologici e per i rischi di legalità o di illeciti contrattuali.

Come si cercherà di dimostrare in questo lavoro, le piattaforme logiche ad accesso controllato che operano sulle blockchain pubbliche sembrano essere una soluzione idonea sia per l’attuale fase di transizione dal Web2 al Web3, sia per una fase successiva, a regime, per tutte le situazioni in cui modelli DAO (intese come piattaforme totalmente decentralizzate) non siano utili o non siano utilizzabili, ad esempio perché incompatibili con i requisiti regolamentari.

Inserita in questo contesto, la piattaforma logica che offre “contracts on chain” rende possibile inserire un testo contrattuale ancora non completo che le parti possono negoziare sulla blockchain (come si fa con i contratti on line), o che le parti possono concludere sulla blockchain ed eseguire sulla stessa, combinando alcuni aspetti di flessibilità dei contratti tradizionali con i vantaggi, anche in termini di certezza e sicurezza, offerti dalla blockchain *public*. Questo aspetto attiene alla libertà delle parti di determinare liberamente il contenuto del contratto, scegliendo anche il procedimento di conclusione dello stesso, purché il contratto sia lecito, valido e meritevole di tutela secondo l’ordinamento giuridico in cui opera.

A ben vedere, i contracts on chain sono utilizzabili anche in ambiente *private* blockchain (così abbiamo sperimentato, a partire dal 2019, utilizzando Hyperledger Fabric – *supra*, nota 14), nonché in ambiente *public* blockchain in assenza di una piattaforma logica ad accesso controllato, e quindi le considerazioni che seguono sono valide in termini generali. Per semplicità di analisi però diamo per presupposto, nelle pagine successive, che i contracts on chain si sviluppino all’interno di una piattaforma logica ad accesso controllato. Questa scelta si lega proprio alla volontà di accompagnare la transizione in atto con una crescente fiducia nelle nuove tecnologie e ci consente un maggiore livello di dettaglio nell’analisi e nelle soluzioni, applicate in un ambiente e secondo un modello che riteniamo si appresti a diventare prevalente sul mercato.

Sezione III - *Contracts on Chain: smart legal contracts e public chain. Un'indagine empirica.*

Quanto sin qui ipotizzato è stato messo alla prova con un'indagine empirica su una chain di terza generazione, per rispondere agli interrogativi posti dalla dottrina e che non hanno trovato ancora una soluzione concreta. Tra questi: la traduzione dal linguaggio naturale al linguaggio macchina e la rilevanza del *legal design*⁸⁵; l'utilizzo della blockchain solo per la fase di esecuzione del contratto o anche di accertamento del consenso, o addirittura della formazione dello stesso; l'ancoraggio a un ordinamento giuridico, senza il quale il contratto rischia di essere non solo normativo, ma addirittura ordinamentale: ordinamento a sé stesso⁸⁶. Quest'ultimo aspetto assume rilevanza anche

⁸⁵ Si veda nella nostra dottrina tra gli altri, B. SIRGIOVANNI, *Lo 'smart contract' e la tutela del consumatore: la traduzione del linguaggio naturale in linguaggio informatico attraverso il legal design*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2023, 214 ss. Per un approfondimento recente ancora v. F. LONGOBUCCO, *op. cit. (supra, nota 27)*, 30 ss. Il legal design semplifica il linguaggio preservando il carattere normativo dei concetti giuridici rivolti ad un pubblico ampio. Nel fare ciò non solo ottempera ai principi di trasparenza, ma coniuga semplicità e normatività del messaggio giuridico. Sul tema cfr. B. DE MURO - M. IMPERIALE, *Legal design*, Milano 2021; B. MARONE, *Legal design e forma computazionale del contratto: questo matrimonio s'ha da fare?*, in *Contratti*, 2022, 670 ss. Che al consumatore che opera sulla blockchain debbano essere garantite tutele non inferiori a quelle previste oggi off-chain è un sentire comune, sistematizzato nei principi ELI (*supra*, nota 70) da 12 a 18.

⁸⁶ Nella prospettiva di Common Law i contratti costituiscono l'intera e unica fonte di obbligazioni delle parti. Gli smart legal contracts potrebbero dunque, sia pure con i limiti sopra evidenziati, rappresentare l'intero perimetro dei vincoli tra le parti. Dal contratto-norma si rischia però di passare, *via* blockchain, al contratto-ordinamento, per coloro che ritengono che la blockchain costituisca ordinamento a sé. Secondo le teorie che trasformano la *rule of reason* in *rule of code* infatti (*supra*, nota 65), la blockchain ha tutti gli strumenti per garantire una corretta esecuzione del contratto, e consente di prevenire e finanche di risolvere eventuali controversie. Ne consegue che non è necessario che uno smart legal contract ancori la norma contrattuale a una legge o a una giurisdizione terza, statale. Il fenomeno peraltro, non è nuovo né ascrivibile alla blockchain: già nel Web2 infatti, i rapporti tra le piattaforme digitali e gli utenti sono spesso disancorati dalle giurisdizioni nazionali. Questo è risultato evidente anche alla pubblica opinione nel momento in cui, a seguito degli eventi di Capitol Hill del 6 gennaio 2021, il Presidente degli Stati Uniti Trump ha invocato il primo emendamento contro il provvedimento con cui Facebook e Twitter ne hanno oscurato l'account; pretesa infondata, secondo le corti adite dal Presidente, poiché tale diritto era invocabile nei confronti del solo potere pubblico, non anche di un privato con cui

alla luce del recente consolidamento di ordinamenti privati (i.e. le piattaforme digitali del Web2) nei confronti delle quali gli ordinamenti statali hanno sviluppato forme di integrazione e rinvio⁸⁷.

Per cercare risposte alle domande sollevate dalla dottrina, abbiamo sviluppato su una blockchain pubblica contratti scritti in linguaggio naturale che, abbiamo visto, le blockchain di terza generazione consentono. Tra queste, abbiamo scelto la blockchain Algorand che consente di mettere maggiormente in valore i vantaggi che una *public* blockchain offre allo strumento del contratto. Trattandosi di una blockchain *public*, le cui transazioni sono trasparenti, si è deciso di utilizzarla per rafforzare alcuni elementi di certezza del contratto, ma non anche di inserire tutto il contratto sulla chain. Ad esempio, non appaiono sulla public chain i dati personali e gli altri elementi idonei a identificare le parti⁸⁸. Questa scelta non pregiudica un corretto sviluppo del contratto, soprattutto se – come illustrato – contracts on chain viene inserito all’interno di una piattaforma logica.

(anche) il Presidente aveva stipulato un contratto, che le due piattaforme, anche in quel caso, si sono limitate a eseguire.

⁸⁷ Rinviamo sul punto a F. BASSAN, *Digital Platforms and Global Law*, 2021, cit. Alcune piattaforme digitali (quelle ‘chiuse’, come i social networks, più delle altre) operano con gli utenti sulla base di norme che esse stesse hanno definito (ad esempio, quanto ai contenuti scritti o visivi ammissibili), e che riescono ad eseguire con efficacia (oscurando gli account all’occorrenza) prevedendo altresì sistemi anche molto articolati per la soluzione delle controversie. In relazione ai rapporti tra le piattaforme digitali e i propri utenti, gli ordinamenti pubblici (l’Unione europea, tra tutti, con il Digital Services Act) hanno riconosciuto l’indipendenza delle piattaforme, prevedendo il rispetto di principi generali e, di fatto, una collaborazione tra i due ordinamenti (quello privato delle piattaforme digitali e quello pubblico, dell’Unione europea).

⁸⁸ Sulla public blockchain viene registrato solo un hash (#) che identifica il contratto, allo stato in cui viene inviato alla chain. Questo consente alle parti di dimostrare (e all’operatore della piattaforma di verificare) che il contratto identificato con quell’hash è effettivamente quello in loro possesso. Non viene registrato invece, sulla chain, il contratto, che resta nella disponibilità solo delle parti, le quali potranno conservarlo on premises o utilizzare uno dei sistemi di conservazione sul cloud disponibili. Ogni modifica del contratto comporterà una versione diversa dello stesso, che quando registrata sulla chain sarà identificata con un hash diverso. Ne consegue che sulla public blockchain non vengono registrati dati personali, né elementi che consentano, a soggetti diversi dalle parti e dall’operatore della piattaforma, di identificare direttamente le parti.

Sono stati poi considerati modelli contrattuali in campo finanziario, modificati in modo adeguato per poter operare sulla public chain, e dunque per renderli ‘attivi’ all’uso di smart contracts⁸⁹. Questo permette di sfruttare la public chain per tutte le qualità che la caratterizzano e che può mettere a disposizione del contratto, sotto i profili che sviluppiamo di seguito.

L’incontro tra il contratto in linguaggio naturale e la public chain (via software design: smart contracts) è stato sorprendente e il risultato cui si è pervenuti sembra consentire di affrontare la fase attuale di sviluppo del Web3 in modo sicuro ed efficiente; in breve tempo, il modello di contracts on chain potrebbe divenire un procedimento negoziale innovativo che verrebbe ad aggiungersi a quelli già esistenti off chain, con indubbi vantaggi in termini di sicurezza, trasparenza, velocità delle transazioni.

A supporto di questa conclusione si procederà oltre riprendendo l’esempio relativo al contratto di escrow, che presentava – nella formulazione dello smart legal contract (*supra*, par. 3) – limiti di fatto insuperabili sul piano della trasparenza. Contracts on chain innova sotto questo profilo in modo significativo, aumentando la fruibilità ed efficacia dello strumento dello smart legal contract che definisce rapporti giuridici tra le parti secondo la logica “if-then” e che si combina, in questo caso, con un “layer di astrazione” aggiuntivo che offre all’utente (parte del contratto) un’interfaccia che facilita l’interazione.

In questa combinazione che permette di vedere in “chiaro” tutte le clausole del contratto – e non una mera rappresentazione, in linguaggio naturale, del contratto scritto in linguaggio-macchina – sta la vera novità di contracts on chain. In concreto, una volta effettuato il login alla piattaforma logica, l’utente accede a un sistema non solo familiare in termini di user-experience ma anche e soprattutto comprensibile sul piano linguistico. Contracts on chain, infatti, si sviluppa in maniera più completa e complessa rispetto agli smart legal contract: la componente tecnica/tecnologica è coinvolta nel processo a partire dalla fase iniziale

⁸⁹ Questa modifica ha comportato: (i) una prima fase di semplificazione del contratto, per renderlo idoneo ad essere ‘tradotto’ in linguaggio macchina e ad essere eseguito secondo una logica binaria, e (ii) una seconda fase di trasformazione di alcune clausole contrattuali, per renderle auto-esecutive al verificarsi di determinati eventi (on-chain o off-chain).

dello sviluppo in quanto strumentale alla stesura di un contratto in linguaggio naturale che sia anche compatibile fin da subito con la logica boeliana della blockchain. Questo comporta che i termini del contratto non sono semplicemente concordati dalle parti e poi tradotti in linguaggio di programmazione, ma sono elaborati fin dall’inizio, in maniera congiunta tra esperti tecnici e legali, tenendo conto dell’ambiente di applicazione per permetterne l’esecuzione automatica quanto più efficiente possibile⁹⁰. Ciò su cui l’utente “non tecnico” farà affidamento è proprio il contratto in linguaggio naturale presente sulla chain perché del tutto corrispondente alle sottese funzioni da cui è composto lo smart contract.

Riportiamo - a titolo esemplificativo – la stessa sezione del contratto di escrow illustrata nella parte relativa agli smart legal contracts (par. 3) e che consisteva in mere linee di codice, realizzata invece secondo la logica “Contracts on chain”.

[Ai sensi del Paragrafo 4.2 dell’Accordo, siete conseguentemente pregati di versare l’Importo Depositato, entro il [_] come segue:

- (i) L’Importo Depositato sul Conto di Deposito, pari a Euro [_, da versare sul conto corrente bancario n. [_, IBAN [_, intestato al Beneficiario e aperto presso [_, e*

⁹⁰ Il programmatore non ha le competenze per interpretare correttamente il contenuto del contratto: il passaggio da linguaggio naturale a linguaggio di programmazione richiede una fase intermedia di “adattamento” che modifica in tutto o in parte la formulazione delle clausole così come originariamente voluta dalle parti in sede di negoziazione off-chain. Sottolinea l’importanza di questo procedimento F. LONGOBUCCO (op. cit., *supra*, nota 27) a pag. 65, dove afferma: “si ritiene che il “code informatico”, specie se costruito con l’intervento iniziale del *tech-lawyer*, è da intendersi un *negotium* perfetto (ex art. 1325 c.c.) sia pure “*semplificato*”. Pertanto, se, da un lato, la descritta semplificazione del regolamento pone il giurista di fronte ad un “*contratto liofilizzato*” o “*scheletrico*”. A ciò si collega il rischio che il codice, redatto da informatici, riporti in modo errato le previsioni dell’accordo contrattuale tra le parti, ovvero possa operare diversamente da come programmato, con relativa questione dell’imputazione delle responsabilità. Inoltre, vi è la questione del rischio di mancata comprensione degli smart contracts dalle parti e dagli operatori del diritto. Peraltro, nella prassi è sempre più diffuso il collegamento tra il testo in codice informatico ed un testo contrattuale redatto in linguaggio naturale, che possono avere il medesimo contenuto, cd. *split contracting*, ovvero essere l’uno la specificazione e/o esecuzione dell’altro, cd. *hybrid agreement*”.

- (ii) *una parte dell'Importo Depositato pari a Euro [], a titolo di Commissione di Deposito, su un conto corrente bancario a Voi intestato di Vostra scelta.*

Una volta effettuati i pagamenti di cui alla presente, siete altresì pregati di farci avere una conferma **ALLEGANDO EVIDENZA DELL'INTERVENUTA MOVIMENTAZIONE E UN ESTRATTO CONTO DEL CONTO DI DEPOSITO CHE ATTESTI L'IMPORTO DEPOSITATO AGGIORNATO**, in conformità a quanto previsto dal Paragrafo 4.5 dell'Accordo.

[Beneficiario]

Nome: []

Titolo: []

[Depositante]

La clausola, nella 'versione contracts on chain' consente all'utente di negoziare direttamente sulla blockchain i termini del contratto e di partecipare in maniera attiva e consapevole a tutte le fasi successive alla stipulazione.

La piattaforma, infatti, offre all'utente gli strumenti per determinare il flusso di esecuzione del contratto: l'interfaccia semplificata presenta elementi (nel caso di specie, appositi "bottoni" simili a quelli delle comuni applicazioni) che corrispondono alle attività eseguibili sulla base di quanto stabilito dalle parti in sede di negoziazione (es: una parte può autorizzare lo svincolo della somma depositata se ritiene che l'attività sia stata svolta correttamente o può sospenderne l'esecuzione, trasferendo off-chain eventuali fasi patologiche: vd. figura n. 1).

In definitiva, con Contracts on chain l'utente ha a disposizione una tecnologia che gli consente di operare senza l'intervento di terze parti specializzate e di usufruire di tutti i vantaggi che derivano dall'utilizzo della blockchain public, cui si aggiungono le garanzie fornite dalla piattaforma logica.

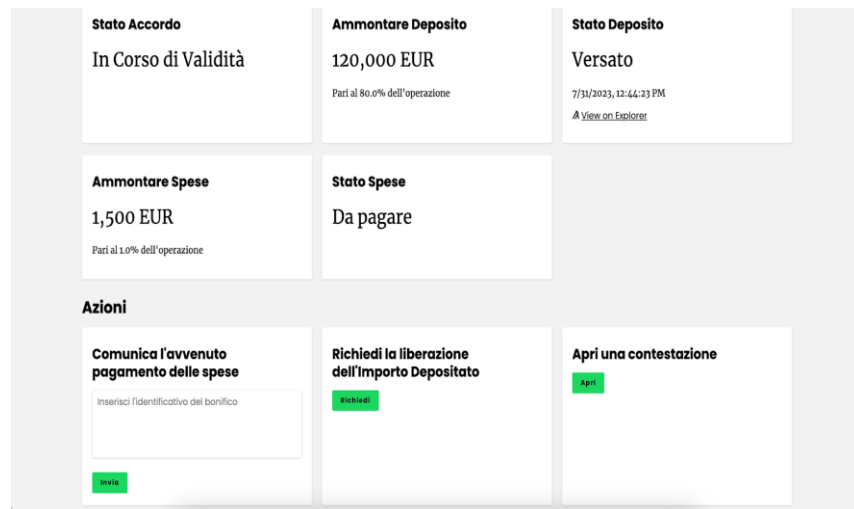


Figura n. 1

Contracts on chain permette di associare ogni clausola del contratto in linguaggio naturale a una clausola logica sullo smart contract. Questo avviene tramite la definizione di una corrispondenza 1-1 (mapping) tra la clausola in linguaggio naturale e la clausola su smart contract.

Riportiamo di seguito la porzione di codice corrispondente al bottone “Richiedi liberazione dell’importo depositato” di cui alla Fig. 1 e che consente l’esecuzione della relativa funzione con un solo click da parte dell’utente.

```
const handleProposeRelease = () => {
  const rpcParams = {
    fn: 'propose_release',
    args: { msg },
    onSuccessMessage: "Richiesta di liberazione dell'Importo Depositato completata",
    modalConfirmMessage:
      "Stai per richiedere la liberazione dell'Importo Depositato, vuoi confermare la tua scelta?",
  };
  setRpcParams(rpcParams);
};
```

Poiché il codice è leggibile sulla blockchain public, e può essere verificato con un qualunque strumento di accesso alla chain (explorer), la corrispondenza tra la clausola contrattuale in linguaggio naturale e la clausola logica sullo smart contract che ne costituisce la traduzione e l'esecuzione è facilmente verificabile dalle parti, ma anche da un arbitro o un giudice e, se si tratta di una materia su cui vigila un'autorità di settore, da quest'ultima, sia con modalità tradizionale (ispezione ad opera di un esperto) sia, eventualmente, con modalità di Suptech⁹¹.

Appare pertanto già da ora evidente la differenza tra i 'contratti ricardiani' anche ibridi, e contracts on chain, così come gli elementi di novità introdotti da questi ultimi. I 'contratti ricardiani' sono un software design, non sono contratti, né lo sono gli split contracts. I Contracts on chain, invece, sono contratti che trasferiscono il tema degli smart contracts (inclusi gli smart legal contracts) dal regno della teoria e della tecnica a un'esperienza potenzialmente massiva, in cui le parti contraenti utilizzano strumenti, modalità e schemi ampiamente conosciuti e consolidati nei contratti on-line, arricchiti dagli elementi acquisiti dalla blockchain su cui operano. Vediamo come questo rileva quanto alle caratteristiche specifiche dei contratti.

8. *Le caratteristiche di Contracts on chain. Premessa*

La possibilità di verificare la corrispondenza linguistica tra linguaggio informatico e naturale è, come evidente, un aspetto centrale per assicurare il rispetto della volontà delle parti. A conferma di ciò, prendiamo ulteriormente in considerazione l'impatto che questa tecnica di redazione, conclusione ed esecuzione del contratto, che chiamiamo contracts on chain, può avere sulle criticità fin qui evidenziate anche dalla dottrina e legate alla nozione di smart legal contract, in particolare in relazione sia al tema del rischio da traduzione (linguaggio), sia al profilo della (in)flessibilità.

Si è detto come, in generale, un limite ritenuto allo stato insuperabile è che lo smart legal contract – essendo scritto in modo non “leggibile” se non dagli ingegneri – possa non soddisfare il requisito della chiarezza

⁹¹ Sul punto, e quanto al tema Suptech, si rinvia a M. RABITTI - A. SCIARRONE ALIBRANDI, *RegTech e SupTech*, in *Intelligenza artificiale e diritto: una rivoluzione?*, a cura di A. Pajno, F. Donati A. Perrucci, V. III, *Proprietà intellettuale, società e finanza*, 2022, 451ss.

e comprensibilità dei testi e, in campo finanziario, della trasparenza informativa.

Un rischio concreto che ne consegue è anche ad esempio che lo smart legal contract possa disporre diversamente rispetto alla volontà delle parti come espressa nel contratto redatto in linguaggio naturale⁹². In un caso di questo tipo, l'esecuzione automatica che contraddistingue lo smart legal contract condurrebbe, inevitabilmente, a far prevalere la scelta operata da chi ha codificato lo smart legal contract su quella delle parti contraenti. Si pensi al caso in cui le parti convengano un prezzo per l'acquisto di un bene *via chain* e nella traduzione sullo smart legal contract si aggiunga o perda uno zero della cifra. Al verificarsi della condizione, l'automatica esecuzione produrrà l'effetto (sbagliato). È un'ipotesi di errore – non delle parti ma del “traduttore” – invisibile agli occhi delle parti.

Tuttavia, questo non è un problema senza soluzione, specie se si fa riferimento al modello di contracts on chain applicato all'interno di una piattaforma logica che opera sulle blockchain public di ultima generazione. Infatti, queste, essendo *open source* e trasparenti, permettono a chiunque sia legittimato dalle parti (chi opera la

⁹² Osserva F. LONGOBUCCO *op. ult. cit.*, 88 ss. che “Il fatto oggettivo dell’“effetto algoritmico” (*id est*, l'esecuzione automatica del “code informatico (...), può certamente risultare affetto da errori ed, essendo il negozio strumentale alla realizzazione degli interessi dell'uomo, appare, *in primis*, imprescindibile procedere ad una verifica di conformità del prodotto contrattuale, scaturente dal funzionamento dell'algoritmo, ai fini, agli intenti, alle aspettative e agli affidamenti umani; in caso di assenza di detta conformità, per esempio nell'evenienza di errore ostativo, ovvero di *hackeraggio* o di *imprévision du fait*, si dovrà inevitabilmente intervenire *a posteriori*, avendo di mira il “code-risultato” le sue eventuali patologie, così potendosi azionare tutti i rimedi civili atti a correggere non solamente l'errore nel quale la macchina sia incorsa (arg. *ex art.* 1433 c.c.) ma, altresí, le ulteriori patologie piú gravi. Ne discende una conseguenza di portata generale. Anche lo *smart legal contract*, al pari del contratto tradizionale, partecipa - e non potrebbe essere altrimenti - all'attuale processo di erosione del dogma dell'autonomia privata attraverso un'eterointegrazione sempre piú penetrante *ex art.* 1374 c.c.. Il controllo dell'interprete dovrà estendersi, allora, anche all'eventuale integrazione del “regolamento informatico”, non potendosi lo stesso, come già accade per il contratto espresso in linguaggio semantico, esaurire nelle mere “dichiarazioni” espresse in sede macchinica: e, d'altronde, già la possibilità stessa di ricorrere ad un oracolo esterno pone in luce l'insufficienza della mera tecnologia nella dinamica complessa del contrarre”.

piattaforma, ad esempio) e abbia una capacità, anche minima, di leggere il linguaggio informatico, di verificare la coerenza tra i due testi.

Una soluzione alternativa potrebbe essere quella di prevedere forme di controllo ex ante e ex post, ad esempio con la possibilità di richiedere una certificazione della corrispondenza tra il testo sottoscritto dalle parti *off chain* e quello codificato, a un soggetto terzo che goda della fiducia di entrambe le parti (di nuovo, in ipotesi, l'operatore di piattaforma logica). Oppure, un oracolo (l'operatore della piattaforma stessa, o un terzo indicato dalle parti) potrebbe sulla blockchain verificare la corrispondenza tra il testo in linguaggio naturale e in linguaggio macchina ed emettere un certificato di conformità, che rimarrebbe caricato sulla chain con conseguente effetto sul piano probatorio.

Questa soluzione, volta a garantire un controllo preventivo o successivo sulla coerenza tra le versioni iniziale e finale, può essere valida anche in termini più generali per superare ancor più il tema della mancanza di consapevolezza del contraente non informatico circa l'accordo concluso. In questo modo, si eliminerebbero in radice gli 'errori da traduzione', consentendo alle parti di godere dei vantaggi offerti dall'inserimento del contratto sulla blockchain *public* senza sopportare i rischi connessi.

Va peraltro segnalato che lo sforzo di chiarezza e semplificazione del linguaggio che si rende necessario per consentire alle clausole contrattuali di essere convertite in codici in un contract on chain (condizionato dal linguaggio boeliano) può forse, in qualche caso, limitare il grado di flessibilità nell'esecuzione ma può aiutare a superare l'intrinseca ambiguità che spesso accompagna le formule contrattuali⁹³.

⁹³ Sul punto si rinvia a F. LONGOBUCCO, *op. ult. cit.*, 65. Molti ritengono che proprio l'indeterminatezza di clausole come 'best effort' o 'buona fede' rendano di difficile applicazione gli smart contracts per contratti complessi. In tal senso, tra gli altri: C. PONCIBÒ – L. DI MATTEO, *Smart Contracts Contractual and Noncontractual Remedies*, in *The Cambridge Handbook of smart contracts, blockchain technology and digital platforms*, (L. DiMatteo et al, eds., 2020), a pag. 120-121; P. CATCHLOVE, *Smart Contracts: A New Era of Contract Use*, 2021, disponibile su <https://ssrn.com/abstract=3090226>; M. RUDANKO, *Smart Contracts an Traditional Contracts: Views of Contract Law*, in *Smart Contracts: technological, business and legal perspectives*, M. Compagnucci et al. eds., 2021, 59 ss.; L. DI MATTEO, *Smart Contracts and Contract Law*, in *The Cambridge Handbook of smart contracts, blockchain technology and digital platforms*, (L. Di Matteo et al, eds., 2020), 8 e ss..

Il secondo tema di rilievo centrale è, come si è detto, quello della (in) flessibilità degli *smart legal contract* anche a fronte di, ad esempio, esigenze di rinegoziazione dovute a sopravvenienze o di integrazione, o di recesso dal contratto, o ancora a fronte di eventi patologici che rendano necessario assicurare la possibilità di interruzione del contratto. Si afferma, infatti, in genere che lo *smart legal contract* rende verificabili, immutabili e irrevocabili i termini e condizioni del contratto, concordati tra le parti, scritti sotto forma di codice e salvati nella *blockchain*. In questa prospettiva in dottrina, in ragione della rigidità dello *smart legal contracts*, si mette anche in dubbio la possibilità di applicare la disciplina in materia di patologie contrattuali: nullità, annullabilità e rescissione del contratto⁹⁴.

In realtà, un certo grado di adattabilità e revocabilità può essere oggi garantito dalle *blockchain* più avanzate, che permettono la modifica anche in corso d'opera dello *smart legal contract*, purché la possibilità di revocarlo e modificarlo, o anche di annullarlo, sia già prevista sin dall'inizio nel codice. Ne consegue che un certo margine di elasticità oggi può essere comunque garantito dagli *smart contracts*. *Contracts on chain* però, in aggiunta, sembra consentire alle parti, al verificarsi dell'esigenza manifestata dalle queste (o anche da una sola parte ma valutata come legittima dalla controparte o da un oracolo o da un giudice, anche *off chain*), di modificare l'accordo già concluso e di revocare il vecchio *smart contract* sostituendolo con uno nuovo che verrà anch'esso negoziato direttamente sulla *chain*. Quel che è ineliminabile è che questa operazione resterà registrata sulla *chain public* con traccia di tutta la sequenza, incluse le modifiche apportate durante la vita del contratto. In questo modo, *contracts on chain* trasforma un limite intrinseco degli *smart legal contracts* (la rigidità) in

Si vedrà (nel paragrafo 16, soluzione delle controversie) come i *contracts on chain* siano in grado di superare questi limiti.

⁹⁴ A. BENEDETTI, *Tecnica, diritto civile e smart contract, minimalismo o massimalismo?*, cit., *supra* nota 44, precisa: «per i rimedi distruttivi, la questione merita una soluzione diversa; lo *smart contract* serve proprio a evitare la cancellazione del contratto, rendendo impossibile il verificarsi dell'inadempimento, specialmente nel contesto della *blockchain*; sembra così del tutto fuori gioco la prospettiva rimediabile, che, in tutte le esperienze ordinamentali, è il cuore della legislazione sul contratto».

uno strumento (la registrazione inoppugnabile) utilizzabile anche nell'eventuale fase patologica.

Di seguito, si proverà a individuare le risposte che *contracts on chain* fornisce rispetto a interrogativi sollevati dalla dottrina che incidono sulla compatibilità tra regole contrattuali e *smart legal contracts*. Si seguirà il modello proposto dal codice civile italiano, come modello di *Civil Law*, avendo riguardo soprattutto all'accordo e alla formazione del consenso e all'oggetto e forma.

9. *Identificazione e capacità di agire*

Il primo problema attiene alla necessità di identificare il contraente e di accertare che abbia la capacità di agire.

L'identificazione di un utente su una *public chain* avviene in genere in funzione dell'uso di un *wallet*, e serve principalmente per consentire le transazioni. L'identificazione delle parti di un contratto sulla blockchain richiede passaggi ulteriori, che ad esempio, una piattaforma logica sulla *public chain* può garantire⁹⁵. Parte della dottrina che si è occupata di *smart legal contract* evidenzia la difficoltà di identificare i soggetti e di accertare la capacità giuridica e la capacità di agire per via del fatto che alcune blockchain - si dice - consentono di agire in via anonima o sotto pseudonimo e, secondo alcuni, anche in modo non tracciabile⁹⁶. Se questo problema può porsi in teoria, avendo riguardo alle ipotesi di blockchain pubblica decentralizzata, esso è destinato a ridursi se non addirittura a risolversi quando si ricorre al modello di "contracts on chain" inseriti in una piattaforma logica, in cui il soggetto

⁹⁵ *Supra*, par. 7.

⁹⁶ Le blockchain pubbliche si caratterizzano per la pubblicità e la trasparenza delle transazioni, che avvengono in forma pseudonima: sono pubblici gli indirizzi di cedente e cessionario, non anche l'identità dei soggetti che controllano le chiavi private delle cripto-attività ad essi associati. Sono peraltro già disponibili alcune soluzioni tecnologiche che consentono di garantire l'anonimato, soprattutto ai fini della circolazione delle valute virtuali: ad esempio, i *privacy coin* (*Monero*, *Zcash*, *Dcash*) o i cd. *mixer*, *tumbler* e altri strumenti che consentono di offuscare la tracciabilità delle transazioni. Evidentemente, molti di questi strumenti sollevano perplessità, in quanto per definizione non conformi alla regolazione vigente in materia di trasparenza e, ad esempio, *AML*. La soluzione che proponiamo invece, di *Contracts on Chain* inserito all'interno di una piattaforma logica, si pone esattamente nella direzione imposta dalla normativa vigente.

che la opera può (deve) accertare l'identità e la capacità delle parti⁹⁷. In ogni caso, che venga utilizzata o meno una piattaforma logica, in concreto, potranno utilizzarsi a tal fine gli strumenti di identificazione elettronica e digitale attualmente esistenti o anche strumenti blockchain nativi⁹⁸. Il vantaggio dell'uso della public chain risiede nel fatto che l'identificazione, una volta effettuata, resta registrata sulla chain in modo permanente, anche se coperta da hash e dunque una manifestazione di volontà, così come una transazione, sarà sempre riconducibile a una persona fisica o giuridica. L'identificazione può essere modificata, per il futuro, in relazione a contratti stipulati successivamente dalla stessa parte, ma come detto, resterà comunque sulla chain public il record delle identificazioni precedenti. Questo, perché l'identificazione avviene via smart contract e ne assume quindi le caratteristiche (*supra*, par. 6). Qualora poi il soggetto dovesse essere privato della capacità di agire, e questo evento non venisse prontamente registrato nella piattaforma logica, e quindi sulla public chain, la

⁹⁷ Evidentemente, il ruolo svolto dall'operatore della piattaforma logica può essere anche molto più ampio, sino a racchiudere tutte le funzioni di un Qualified Trust Service Provider (QTSP – secondo la semantica eIDAS) che – per formazione, oneri di audit e accreditamento, può essere fondamentale anche nel mondo decentralizzato, quando sia richiesto di garantire: a) identità delle parti, b) conservazione delle chiavi crittografiche utilizzate nelle transazioni, c) sicurezza e d) comprensione dei contenuti.

⁹⁸ La riconducibilità di un documento a un determinato soggetto dipende dall'utilizzo del sistema di riconoscimento: a seconda del tipo di firma utilizzato, è possibile ottenere una garanzia di sicurezza più o meno forte, idonea a determinare effetti diversi sul piano giuridico. Nello specifico, la forza – in termini di affidabilità e di sicurezza - della firma, risiede: (i) nella complessità del sistema di verifica dell'identità del firmatario e (ii) nella possibilità di provare che il documento corrisponda effettivamente a quello che è stato firmato. Sulla base di questi criteri, il Regolamento eIDAS (Regolamento UE 910/2014 in materia di identificazione elettronica e servizi fiduciari per le transazioni elettroniche nel mercato interno) riconosce nella firma elettronica qualificata (FEQ) – non anche le altre esistenti: firma elettronica semplice (FE), e firma elettronica avanzata (FEA) - lo strumento che garantisce il livello più alto di sicurezza, in termini di autenticità, integrità e non ripudio, poiché da un lato si avvale della crittografia e dall'altro prevede l'utilizzo del certificato qualificato. Sul piano giuridico, la firma elettronica qualificata corrisponde a tutti gli effetti a una firma autografa; pertanto spetterà a chi ne disconosce la validità provare l'inesistenza della firma. In tal senso peraltro, si vedano anche le Linee Guida AgID sulla formazione, gestione e conservazione dei documenti informatici del maggio 2021.

conseguenza sarebbe quella dell'invalidità del contratto ma la condizione di incapacità andrebbe comunque accertata in via giudiziale off-chain, come del resto avviene in ogni altro caso⁹⁹. Va peraltro ricordato che anche il legislatore italiano nel 2018 nel disciplinare gli smart contract, si è preoccupato del fatto che questi potessero essere annullati ex art. 1425 c.c. in due casi: i) quando stipulati da persone che nel mondo reale non avrebbero alcuna possibilità di sottoscrivere un contratto, ad esempio incapaci naturali (per ubriachezza) o incapaci legali (minori, interdetti, inabilitati); ii) nel caso in cui uno dei due contraenti (o entrambi) non sia chi dica di essere così verificandosi un caso di illecita appropriazione di identità digitale. Quest'ultima ipotesi potrebbe essere anche scongiurata seguendo il processo di whitelisting di contracts on chain nel caso venga utilizzata una piattaforma logica che fornisce servizi.

10. *La formazione del contratto: trattative*

Come abbiamo visto, le blockchain di terza generazione hanno costi di transazione bassi, e una velocità di esecuzione pressoché istantanea¹⁰⁰ che consentono di utilizzare la chain per registrare in modo efficiente, economico, permanente e immutabile tutti i singoli passaggi della fase della trattativa e della conclusione del contratto¹⁰¹.

In questa prospettiva, la possibilità di negoziare il contenuto del contratto direttamente sulla blockchain assume rilievo anche al fine di valutare l'esatto adempimento delle parti.

Più in generale, questo aspetto di 'notarizzazione' della fase delle trattative è di grande rilevanza in un sistema come quello di Civil Law in cui la regola sulla buona fede contrattuale permea tutta l'attività delle parti e del giudice. Mentre nel sistema anglosassone non assume rilievo il comportamento delle parti nelle trattative una volta concluso il contratto, nel sistema di Civil Law l'obbligo di comportarsi secondo buona fede nelle trattative, uniformando la condotta ai canoni di lealtà

⁹⁹ Si veda quanto affermato da A. MORACE PINELLI, *Il contratto giusto*, in *Riv. dir. civ.*, 2020, 679 s.

¹⁰⁰ La rilevanza dei costi di transazione è analizzata efficacemente da A. DELGADO DE MOLINA RIUS, *Smart Contracts: Taxonomy, Transaction Costs, and Design Trade-offs*, cit. *supra*, nota 74.

¹⁰¹ *Supra*, par 6.

e correttezza, comporta, come è noto, in caso di violazione della regola, la responsabilità precontrattuale.

Secondo la struttura che abbiamo sviluppato, che prevede una piattaforma logica che opera su una public blockchain, in cui le diverse fasi contrattuali sono registrate e disponibili all'occorrenza a un giudice o un arbitro, questi può non solo leggere il contratto ma anche valutare il comportamento delle parti relativo all'intera vita del contratto, a partire dalla sua formazione, registrato sulla chain in modo certo e inoppugnabile. Questa possibilità, di negoziare e di individuare le responsabilità anche in caso di violazione della regola di buona fede nelle trattative, può diventare significativa per lo sviluppo di questo procedimento negoziale.

Un'ipotesi emblematica è la violazione dell'obbligo di informazione. In caso di specifici obblighi informativi precontrattuali o contrattuali (si pensi ai contratti bancari, finanziari o ai contratti con i consumatori, solo per citarne alcuni), potrebbe essere sufficiente un accesso all'ecosistema della blockchain per provare se essi sono stati correttamente adempiuti. L'eventuale operatività dei contracts on chain all'interno di una piattaforma logica, evidentemente, riduce l'onere della prova.

Ad esempio, in presenza di un contratto di investimento, contracts on chain potrebbe garantire il rispetto (verificabile anche da una terza parte) degli obblighi informativi o di condotta imposti agli intermediari finanziari in relazione ai contratti di investimento da Mifid 2 e dalle norme di tutela degli investitori previste dal TUF. Se le parti scelgono di adottare il modello di *Contracts on chain*, sarà facile verificare che le informazioni dovute siano state correttamente trasmesse, se esse siano state chiare e comprensibili, poiché saranno state registrate sulla chain, con una marca temporale. Se poi la clausola che rispetta l'obbligo di legge è riprodotta su uno smart contract all'interno di contracts on chain, questo eseguirà anche automaticamente la prestazione in modo conforme alla legge¹⁰².

Ancora, in diversa prospettiva, un'eventuale clausola vessatoria in un contratto dei consumatori sarebbe tracciata sulla blockchain e la

¹⁰² In tal senso, del resto, già: M. DUROVIC – A. JANSSEN, *Formation of Smart Contracts under Contract Law*, *op. cit.*, *supra* nota 11; O. GOODENOUGH, *Integrating Smart Contracts with the Legacy Legal System: A US Perspective*, in *Blockchain, law and governance* (B. Cappiello – G. Carullo eds., 2021), 197.

clausola abusiva, secondo le regole generali della nullità di protezione, potrebbe essere stralciata e resa inefficace con funzione kill se riprodotta su smart contract o, altrimenti, eliminata dal contratto su dichiarazione del giudice o dell'oracolo; al contempo, però, il professionista potrebbe evitarne la nullità se risulta dalla stessa blockchain che essa è stata oggetto di trattative.

11. *Il procedimento di conclusione di contracts on chain. Accordo e Forma*

Ricorrendo a *contracts on chain*, le parti scelgono di avvalersi di un procedimento di conclusione del contratto peculiare, non perché deroghi al meccanismo proposta/accettazione ma perché, avvenendo sulla blockchain pubblica, realizza un nuovo meccanismo negoziale, frutto di autonomia privata, che incide parzialmente anche sulla disponibilità degli effetti giuridici per le parti.

Le caratteristiche tecniche della blockchain pubblica e degli smart legal contracts inducono tuttavia a sottolineare ancora una volta che non ogni contratto può trarre vantaggio dall'essere stipulato ed eseguito su questa infrastruttura: sarà utile principalmente per i contratti per i quali la notarizzazione, la relativa immodificabilità e l'auto-esecutività di alcune clausole contrattuali possono essere aspetti rilevanti in termini di efficacia. Quando questi aspetti rilevano, il procedimento di Contracts on chain li assume come prerogative che si inseriscono in un contratto redatto in linguaggio naturale sulla blockchain con la conseguenza di consentire alle parti di unire i vantaggi del contratto tradizionale/digitale con quelli degli smart legal contracts.

Contracts on chain opera in modo efficiente, ad esempio, nei casi di contratti d'impresa (come l'escrow, su cui ci siamo soffermati), per quelli standardizzati (investimento, come illustrato in queste pagine, ma anche finanziamento, assicurazione, credito al consumo), per dare seguito a convenzioni o accordi quadro, per alcuni contratti di consumo (si pensi ai settori regolati, come le comunicazioni, l'energia, l'acqua, i rifiuti). Di nuovo: il beneficio di ricorrere a smart legal contracts nella forma dei contracts on chain si coniuga alla possibilità di svolgere anche l'attività negoziale propedeutica alla formazione dell'accordo sulla blockchain.

Quando poi si raggiunge l'accordo, il contratto per essere validamente concluso (e parzialmente eseguito) deve essere sottoscritto da entrambe le parti.

Il contratto può essere sottoscritto dalle parti con uno degli strumenti oggi a disposizione per la firma digitale avanzata o qualificata¹⁰³ o anche con strumenti di firma blockchain nativi. Come per i contratti firmati digitalmente anche fuori dalla chain, l'autenticità della firma non può essere facilmente disconosciuta se non provando il furto di identità.

Nelle blockchain di terza generazione, caratterizzate, come detto, da velocità elevata e costi estremamente bassi, nel momento in cui vengono proposte e accettate direttamente sulla blockchain, le singole clausole, essendo redatte in linguaggio naturale, si registrano progressivamente sulla chain attraverso smart contracts il cui contenuto è conforme a quello sottoscritto, ed eseguono quindi il contratto in modo conforme a quanto pattuito dalle parti. Il contratto negoziato e concluso direttamente on chain sarebbe in sostanza registrato in tutte le sue fasi sulla public chain, che terrebbe traccia di tutte le minute contrattuali, nonché della proposta e dell'accettazione. Sulla blockchain quindi si avrebbe il testo delle negoziazioni e poi del contratto firmato, in formato pdf ma coperto da hash e dunque crittografato, a garanzia della tutela dei dati in esso contenuti.

Una volta concluso, al ricorrere delle condizioni presupposte, il contratto si auto-eseguirà per la parte su cui i contraenti avranno concordato.

Rispetto allo schema qui delineato, la dottrina che fa riferimento agli smart legal contracts, senza avere il framework dei contracts on chain, tende invece a ritenere che lo smart legal contract possa essere equiparato al contratto concluso mediante inizio di esecuzione, perché fa coincidere la sottoscrizione con il momento di avvio del software¹⁰⁴.

¹⁰³ Per un approfondimento sul tema di rinvia alla nota 98.

¹⁰⁴ Sul tema v. E. BATTELLI– E. M. INCUTTI, *Gli smart contracts nel diritto bancario tra esigenze di tutela e innovativi profili di applicazione*, in *Contr. impr.*, 2019, 931. Invece ritiene che sia riconducibile allo schema dell'offerta al pubblico D. Di SABATO, *Gli smart contracts: robot che gestiscono il rischio contrattuale*, in *Contr. impr.*, 2017, 393 mentre direttamente richiama anche per gli smart contract l'art. 1326 o l'art. 1327 c.c. G. GITTI, *Robotic transactional decisions*, in *Oss. dir. civ. comm.*, 2018, 622. Sul tema si rinvia a E. BIVONA, *Smart contracts e "interferenze"*

Provando a mostrare in concreto come avverrebbe trattativa e conclusione del contratto via Contracts on chain, riprendiamo il contratto di *escrow*, e rappresentiamo a titolo esemplificativo lo sviluppo della negoziazione tra le parti relativa all'importo da versare a titolo di deposito. Contracts on chain consente alle parti singolarmente di intervenire direttamente sul testo del contratto inserendo e/o modificando anche l'importo desiderato (vd. figure sotto). Una volta raggiunto secondo questo meccanismo il consenso condiviso sui termini negoziabili del contratto, questo verrà firmato on-chain e diventerà operativo e vincolante tra le parti nella sua versione finale.

The image displays two screenshots of a smart contract interface, illustrating a negotiation process. The top screenshot shows the initial state where all parties (Alice, Bob, and Carl) have 'Review' buttons next to their names. The main content area is titled 'Premesso che' and contains the text of 'Premessa A', which describes a contract signed on 2023-01-01 for a maximum value of 150,000.00 Euro. The bottom screenshot shows the same interface, but with the 'Confirm' button highlighted in green, indicating that the parties have reached an agreement. A small 'Edit fields' dialog box is visible in the bottom screenshot, showing the 'Prezzo_operazione' field set to 160000.00.

con la disciplina sui contratti: il sistema dei rimedi alla prova degli algoritmi, in *Persona e mercato*, 2021, 776 ss.



La differenza tra Contracts on chain e uno smart legal contract appare dunque evidente: quest'ultimo, poiché consiste in mere righe di codice, e non è dunque comprensibile alle parti, non consente la negoziazione direttamente on-chain (e ciò anche se redatto secondo un modello ibrido che però, come si è cercato di evidenziare, non elimina il rischio di divergenza tra linguaggi). E infatti, le clausole di contracts on chain sopra illustrate, in linguaggio codice appaiono così:

```
updateagreementdraft:
proto 6 0
callsub stateisnegotiation
// Agreement draft must be in Negotiation (WRONG_STATE)
assert
txn Sender
callsub isescrowagent
// Caller must be the Escrow Agent (WRONG_SENDER)
assert
[...]
frame_dig -4
intc_0 // 0
>
// Amount must be greater than 0 (WRONG_AMOUNT)
assert
[...]
bytec_3 // "amount"
frame_dig -4
app_global_put
```

12. *Segue: Efficacia probatoria*

Il legislatore italiano – che ha riconosciuto il valore giuridico degli smart contracts con il Decreto semplificazioni n. 135/2018, convertito con modificazioni dalla L. 11 febbraio 2019, n. 12 – ha espressamente attribuito agli smart contracts la stessa efficacia probatoria della forma scritta, purché vi sia stata l'identificazione informatica delle parti interessate¹⁰⁵, nel rispetto di criteri stabiliti da AGID¹⁰⁶.

La definizione normativa degli smart contracts non consente tuttavia di stabilire inequivocabilmente se il riferimento sia agli smart contracts intesi in senso informatico o giuridico¹⁰⁷. Alcuni elementi inducono però a propendere per la seconda opzione. Infatti, l'art. 8-ter richiama la nozione di validazione temporale elettronica¹⁰⁸ e gli effetti giuridici che ne derivano. Inoltre, l'individuazione dei requisiti tecnici che caratterizzano il processo di identificazione delle parti interessate (art. 8-ter, secondo comma) e degli standard tecnici delle tecnologie basate su registri distribuiti (art. 8-ter, quarto comma), possono certamente

¹⁰⁵ Tale previsione è correlata all'art. 20, comma 1-bis, del Codice dell'amministrazione digitale (d.lgs. n. 82/2005), che stabilisce i presupposti per cui un documento informatico è idoneo a soddisfare il requisito della forma scritta. Trattandosi di un programma per elaboratore, in assenza di una espressa previsione, potrebbero sorgere dubbi circa la conformità di uno smart contract al requisito della immodificabilità di cui all'art. 3, comma 2, DPCM 13 novembre 2014. In base all'art. 4, comma 3, DPCM 22 febbraio 2013, non può considerarsi immodificabile un documento informatico che contiene macroistruzioni o codici eseguibili, come nel caso di uno smart contract. Sul punto: M. GIULIANO, *La blockchain e gli smart contract nell'innovazione del diritto nel terzo millennio*, cit., *supra*, nota 41 a 1017 ss..

¹⁰⁶ Così l'art. 8-ter, secondo comma: “Gli smart contract soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto”.

¹⁰⁷ In questo senso, si vedano G. RINALDI, *Smart contract: meccanizzazione del contratto nel paradigma della blockchain*, cit., *supra* nota 33, a 28; C. BOMPRESZI, *Commento in materia di Blockchain e Smart Contract alla luce del nuovo Decreto Semplificazioni*, in DIMT, 2019.

¹⁰⁸ Così l'art. 8-ter, terzo comma: “La memorizzazione di un documento informatico attraverso l'uso di tecnologie basate su registri distribuiti produce gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica di cui all'articolo 41 del regolamento (UE) n. 910/2014 (Regolamento eIDAS).”

riferirsi a qualunque smart contract, ma la loro applicazione a uno smart contract “la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse”, costituisce un chiaro riferimento agli smart legal contracts¹⁰⁹. Sebbene le linee guida AGID non siano ancora completate, resta la valenza della regola sul piano generale¹¹⁰.

Quando allarghiamo la prospettiva guardando a contracts on chain, l’obiettivo che si intenderebbe perseguire con le linee guida AGID per gli smart contracts, potrebbe già oggi comunque ritenersi raggiunto per l’intero contratto concluso sulla chain attraverso l’adozione di uno dei meccanismi di identificazione digitale già esistenti (i.e. SPID, o firma digitale in una delle forme già oggi consentite). Peraltro, anche in chiave funzionale agli interessi protetti, ciò che sembra dover essere garantito non è tanto la soluzione tecnica (mezzo) ma l’obiettivo di tutela (fine) che è individuabile nella riconducibilità del documento al suo autore e nell’idoneità del meccanismo prescelto ad assicurare sicurezza, integrità e immodificabilità del documento. Una lettura evolutiva in questo senso è opportuna, anche in considerazione della rapidità con cui possono aversi nuove soluzioni sul piano tecnologico¹¹¹.

13. Collegamento negoziale

I contratti nascono, si negoziano, si concludono, si eseguono ciascuno per proprio conto, hanno parti spesso diverse, seguono schemi, regole differenti, applicano giurisdizioni e sono soggetti a fori diversi¹¹². Il collegamento negoziale, istituto essenziale per realizzare operazioni contrattuali complesse, si realizza quando contratti autonomi, con una causa loro propria, in concreto, si compongono all’interno di un’operazione volta, nel suo complesso, a consentire la realizzazione di un fine ulteriore e diverso da quello corrispondente alla

¹⁰⁹ *Supra*, par. 2.

¹¹⁰ Si veda il Documento presentando da Banca d’Italia il 23 giugno 2023, supra nota 18.

¹¹¹ In questo senso, si vedano G. RINALDI, *op. ult. cit.*; e C. BOMPRESZI, *op. ult. cit.*.

¹¹² Questo, sulla base della volontà delle parti, quando espressa, o in assenza, dei criteri di collegamento consolidati nel diritto internazionale privato.

causa dei singoli contratti. Per l'effetto, il nesso funzionale tra i contratti rileva nel senso che tutti vanno considerati unitariamente in relazione al risultato pratico al quale tendono, in quanto la funzione complessiva tiene collegata tutta l'operazione. A questo primo requisito oggettivo se ne affianca uno soggettivo costituito dal comune intento pratico delle parti di volere non solo l'effetto tipico dei singoli negozi in concreto posti in essere, ma anche la realizzazione di un fine ulteriore.

Ne consegue che: i) al fine di valutare la liceità dell'operazione economica così realizzata deve aversi riguardo alla funzione complessiva dell'operazione, senza che sia neppure necessaria la coincidenza tra le parti dei diversi contratti collegati; ii) nell'interpretazione del contratto deve guardarsi al regolamento di interessi risultante dall'insieme dei diversi contratti collegati; (iii) nel valutare la meritevolezza, liceità e validità dell'operazione negoziale si deve guardare allo schema di interessi concretamente realizzato dalle parti.

I contracts on chain garantiscono un collegamento contrattuale genetico e funzionale, automatico e permanente. E' sufficiente utilizzare la blockchain public per registrare, con una marca temporale, il collegamento tra due o più contratti e garantire che ciascun contratto si concluderà ed entrerà in vigore solo se lo faranno, contemporaneamente, anche gli altri. L'utilizzo del linguaggio naturale che caratterizza i contracts on chain consente alle parti dei diversi contratti di controllare direttamente e con facilità sulla propria dashboard il contenuto degli accordi e lo stato di avanzamento dei diversi negoziati dei contratti che dovranno essere collegati.

Il collegamento tra i contratti sarà peraltro visibile, parzialmente (con riferimento alle sole clausole che dovranno auto-eseguirsi) anche sulla chain, poiché le condizioni previste da un contratto verranno automaticamente inserite nell'altro contratto ad esso collegato, e ne costituiranno condizione di esecuzione.

Tale collegamento, una volta registrato nella chain, resterà permanente, così come lo sarà l'esecuzione via smart contract. E questo anche nei casi di rapporti complessi, tra parti diverse. Ipotizziamo un contratto di compravendita, cui sono collegati il trasporto del bene, l'assicurazione, le garanzie (per entrambe le parti) eventualmente anche mediante un contratto escrow, il finanziamento (per il compratore). In questo caso, la public chain sembra consentire alle parti l'adozione di

strumenti che garantiscono che questi contratti potranno essere negoziati, firmati, eseguiti sulla chain solo se parti di un unico blocco. In altri termini, il negoziato di ciascun contratto sarà registrato sulla chain, e la firma delle parti di ciascun contratto potrà essere ritenuta valida solo se contestuale a quella delle parti (diverse, evidentemente) di tutti gli altri contratti, in quanto registrata nello stesso blocco.

Contracts on chain sembra anche rilevare nella diversa prospettiva di strumento per garantire un'efficiente compliance. Si pensi, ad esempio, a un contratto di investimento, programmato affinché sia eseguito solo all'esito della positiva verifica – anch'essa inserita on chain - della compilazione, nei termini, del questionario Mifid da parte dell'investitore, nonché dell'idoneità dello stesso a stipulare quel contratto, in base all'esito del questionario. Tutto questo, registrato sulla public chain, e dunque verificabile in modo permanente: i due atti sono connessi in modo tale da garantire al meglio la compliance alla normativa.

14. *Esecuzione*

Uno dei vantaggi della public blockchain è che il contratto può essere in parte eseguito in modo automatico, certo, trasparente, sicuro, economico, immutabile (*supra*, par 6). Il carattere automatico dell'esecuzione può essere condizionato a determinate variabili, concordate dalle parti (ad esempio, il verificarsi di certi eventi). Alcune di queste condizioni si realizzano direttamente sulla chain; altre invece off-chain. Quanto alle prime, si pensi all'acquisto di un bond sulla chain: se l'asset è blockchain nativo, è costituito da un token che circola via smart contract. In questi casi è semplice verificare all'interno della chain l'evoluzione del ciclo di vita del bond, e controllare la correttezza dell'applicazione automatica (i.e. la variazione del valore del bond e del tasso di interesse).

Quando invece le condizioni per l'esecuzione del contratto si verificano off-chain, per la loro validazione le parti possono avvalersi di riferimenti pubblici e oggettivi: si pensi alla determinazione del tasso di interesse di un contratto di finanziamento, collegato a una variabile predefinita (es: EURIBOR). In altri casi, quando il verificarsi della condizione o dell'evento non sono collegati a un dato pubblico oggettivo, le parti potranno scegliere per la verifica una terza parte

fidata: l'oracolo. Questi potrà accertare di volta in volta, ad esempio, in un contratto di compravendita, che si siano verificate le condizioni: che la merce è stata consegnata al trasportatore; o che ha superato la dogana; che è stata consegnata all'acquirente il quale non l'ha contestata. Tutti questi (ed altri) eventi off-chain vengono ricondotti sulla chain dall'oracolo. Del resto, anche la controprestazione (la prestazione non caratteristica), qualora consista nel pagamento di un prezzo, può avvenire on chain (quando il pagamento è effettuato in cryptoasset, secondo la definizione europea più moderna¹¹³, o in cryptocurrencies¹¹⁴) oppure off-chain (se effettuato in valuta FIAT)¹¹⁵.

Se prestazione e controprestazione vengono effettuate on chain, nelle blockchain di terza generazione lo scambio è 'atomico': o avviene nello stesso blocco, o non avviene. L'evoluzione che la blockchain consente, non solo rispetto al mondo reale, ma anche alle soluzioni

¹¹³ La definizione ormai consolidata di cryptoasset (cripto-attività) è fornita dal Regolamento MiCA, che fornisce un quadro normativo armonizzato per le cripto-attività sul piano europeo. L'art. 3, par. 1, punto 2 di MiCA, descrive i cryptoasset come "una rappresentazione digitale di valore o di diritti che possono essere trasferiti e memorizzati elettronicamente, utilizzando la tecnologia di registro distribuito o una tecnologia analoga". Per "rappresentazione digitale di valori o di diritti", si intendono i token (cryptocurrency, utility token; security token, non-fungible token). Il Regolamento, tuttavia, disciplina soltanto alcuni tipi di cripto-attività presenti sul mercato: (i) token collegati ad attività; (ii) token di moneta elettronica; (iii) altre cripto-attività quali gli utility token.

¹¹⁴ La cryptocurrency è il tipo di cryptoasset più conosciuto, che può essere utilizzato per scambiare prodotti o servizi, per scopi speculativi, come il trading su una piattaforma di trading di criptovalute, e come riserva di valore.

¹¹⁵ La controprestazione (il pagamento) sulla blockchain può essere effettuata secondo diverse modalità, attualmente tutte in fase di sperimentazione nell'Eurozona dal SEBC (Sistema Europeo delle Banche Centrali) su sistemi DLT integrati con moneta di Banca Centrale. Tre sono le principali opzioni, proposte rispettivamente da Banca d'Italia (TIPS hashlink), da Banque de France (Central Bank Digital Currency) e da Deutsche Bank ("Trigger" solution). Tra maggio e settembre 2024 saranno avviati trials a seguito di una call-for-interest che raccoglierà l'interesse di eventuali partecipanti alla sperimentazione. Queste soluzioni devono consentire l'interoperabilità tra infrastrutture attualmente indipendenti: quelle che disciplinano lo scambio di asset digitali e quelle che forniscono servizi di regolamento in moneta di banca centrale. Si tratta, in sostanza, di costruire un ponte tra le DLT e le infrastrutture dei mercati finanziari. La proposta di Banca d'Italia è descritta in modo analitico nel paper n. 26 del 2022, *Integrazione delle DLT con infrastrutture di mercato: analisi e proof of concept per un DvP sicuro tra piattaforme TIPS e DLT* (pubblicato sul sito di Banca d'Italia).

alternative, è evidente: garantisce immediatezza e ‘finalità’ della transazione e riduce o elimina il rischio di inadempimento delle parti. Inoltre, se inserita in una piattaforma logica, l’operazione non comporta neanche un rischio di controparte, perché l’operatività nella piattaforma presuppone la previa identificazione: delle parti, degli assets, dei wallets.

La Proposta di Data Act impone inoltre agli sviluppatori di smart contracts di garantire la possibilità di interrompere l’esecuzione del contratto al verificarsi di determinate condizioni. Si è visto che tale previsione è oggetto di acceso dibattito (*supra*, nota 6) perché ritenuta da taluni (es: Polygon) non neutra sul piano tecnologico, in quanto penalizzerebbe le blockchain *public* rispetto a quelle *private*. In verità, se si adottano i contracts on chain nel modello della piattaforma logica da noi ipotizzato (*supra*, par. 7) si potrebbe rendere anche le blockchain public compliant con le regole imposte nella versione attuale del Data Act di ‘data sharing’ e di ‘interruption’. I Contracts on chain possono già garantire tale interruzione, in modo automatico, al verificarsi di eventi on chain, o a seguito di un intervento esterno (es: un oracolo) se le condizioni si verificano off chain e le parti hanno così disposto. Si tratta dunque di prevedere, alternativamente, la possibilità di un annullamento tramite ‘transazione inversa’, di una riscrittura del codice (re-coding) o dell’esercizio della ‘funzione kill’. Peraltro, tale funzione – che da un lato, presenta limiti ben evidenziati dalla dottrina, relativi alle conseguenze sul contratto, e dall’altro è utile in ambienti ‘non protetti’ - in un ambiente specifico, quale quello di una piattaforma logica su una blockchain public assume forse un ruolo residuale.

Un esempio, anche qui, può essere utile. Una parte della dottrina richiama la funzione kill anche al fine di garantire l’esercizio del diritto di recesso in caso di smart legal contracts. Ebbene, se utilizzano Contracts on chain, le parti possono esercitare il diritto di recesso in modo fisiologico, senza dover attivare la funzione ‘kill’.

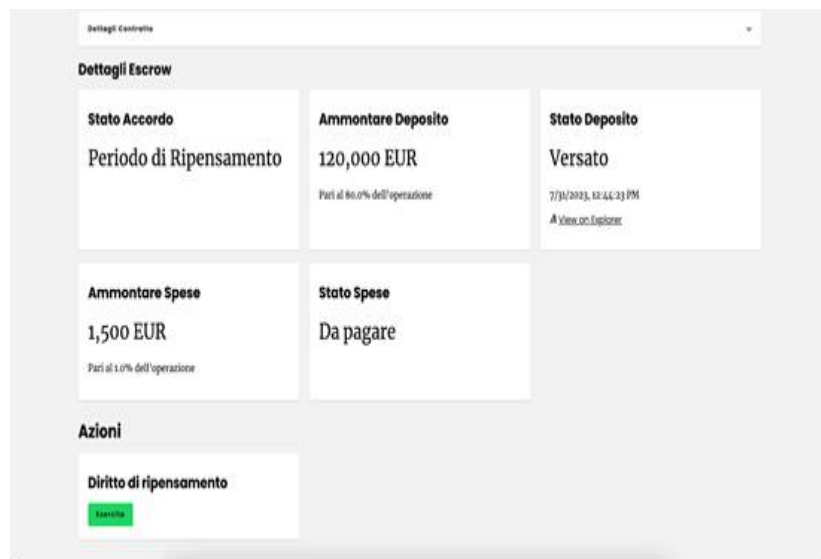
A titolo esemplificativo, riportiamo di seguito la facoltà di esercizio del diritto di recesso, all’interno del contratto di escrow, sviluppata secondo la logica “Contracts on chain”:

[Per tutta la durata del Periodo di Deposito, entro 1 (uno) Giorno Lavorativo dalla ricezione di Istruzioni Qualificate e in conformità alle

stesse, il Depositario restituirà, in tutto o in parte, l'Importo Depositato al Depositante:

(i) che abbia esercitato il proprio diritto di ripensamento entro [][SG1] giorni ([Inserire numero giorni]) dalla sottoscrizione del Contratto, ai sensi dell'articolo [6.3] delle Condizioni di Investimento)

La parte/utente potrà esercitare il diritto di recesso in maniera semplice e diretta sulla chain selezionando lo specifico bottone “esercita” fornito dalla piattaforma logica.



Qualora la parte eserciti il diritto, lo smart controllerà che: (i) non sia trascorso il termine per esercitare il diritto di recesso; (ii) ad averlo invocato sia stato proprio il depositante e non un'altra parte.

In caso di esito positivo di queste verifiche, lo smart contract automaticamente e immediatamente restituirà al depositante la somma depositata e notarizzerà on-chain la marca temporale (timestamp) della restituzione avvenuta. A quel punto, il contract on chain avrà terminato la sua operatività; resterà sulla chain la traccia di tutte le operazioni concluse dalle parti, accessibile— anche a fini probatori - solo ad esse o a chi sarà stato da queste indicato.

15. *Modifica del contratto*

La disciplina europea (Data Act, nella versione attuale, non definitiva) impone, tra le condizioni che uno smart contract deve rispettare, non solo la possibilità di interruzione dell'esecuzione, ma anche la modificabilità. Questa nozione sembrerebbe a prima vista ontologicamente incompatibile con le caratteristiche degli smart contracts, ma in verità non è così. Immodificabile infatti è – deve essere - la registrazione sulla blockchain della volontà delle parti, o del pagamento, o delle parti dell'accordo che devono essere eseguite in modo automatico. Immodificabile non è la blockchain utilizzata (che anzi deve evolversi continuamente) né lo sono gli smart contracts che vi operano.

Anche contracts on chain, che come ormai chiarito è un contratto che in parte opera sulla chain, di cui utilizza le caratteristiche via smart contracts, può essere modificato nel tempo, adattandosi alla volontà delle parti o alle condizioni esterne. Ciò che resta immutato sulla chain, è la registrazione del testo, nella versione iniziale e nelle versioni successive quando quella iniziale è stata soggetta a modifiche. In sintesi, la chain mantiene inalterate le varie versioni del contratto, che può quindi essere modificato dalle parti, esattamente come nel mondo off-chain.

In questo modo, contracts on chain unisce i vantaggi offerti dalle caratteristiche della blockchain public con le esigenze di flessibilità tipiche dei contratti; esigenze contrapposte, sinora considerate in dottrina inconciliabili.

Anche a fronte, ad esempio, di un avvenimento che spinge le parti a rinegoziare il contratto, ipotesi che ha acquisito rilevanza crescente negli ultimi anni specie dopo le crisi finanziarie e quella pandemica, l'esigenza di rinegoziare alcune clausole o parti dell'accordo può essere garantita anche su contracts on chain, sia prevedendo le cause di rinegoziazione nello smart contract e dunque consentendo alle parti di invocare l'oracolo che comunica allo smart contracts l'azione da intraprendere; sia, ove si tratti di avvenimenti sopravvenuti e non previsti, andando invece a modificare la clausola direttamente sulla blockchain, al limite, se non trovano un accordo, ricorrendo all'ausilio dell'oracolo.

Le parti di un contract on chain potrebbero forse anche affidare all'oracolo il compito non solo di riportare on-chain eventi che si verificano off-chain¹¹⁶, ma anche di determinare la prestazione o qualche aspetto che non è stato previsto dai contraenti. Più in generale, ci si potrebbe interrogare se all'oracolo possa applicarsi l'art. 1349 c.c., secondo cui la determinazione dell'oggetto del contratto può anche essere rimessa a un terzo, il quale con l'arbitraggio potrà colmare la lacuna lasciata nel contratto in ordine all'oggetto, operandone la

¹¹⁶ Nello specifico, un oracolo consiste in uno script che verifica la sussistenza dei presupposti necessari per il realizzarsi della conseguenza programmata. I dati che gli oracoli trasmettono, guidano l'esecuzione degli smart contract e quindi il funzionamento dell'ecosistema blockchain. Per questo motivo, alcuni li chiamano "bridge" tra il mondo reale e i protocolli Blockchain. Così, B. CARRON - V. BOTTERON, *How smart can a contract be?*, cit., *supra* nota 33, definiscono gli oracoli come "sensors in the physical world". Anche G. CARDARELLI, *Beyond Oracles – A Critical Look at real-world Blockchains*, in *Future Internet*, 2022, 175 riprende il concetto per cui "Oracles act as a bridge that can digest external and non-deterministic information into a format that a blockchain can understand"; analogamente, B. CURRAN, *What are Oracles? Smart Contracts, Chainlink & "The Oracle Problem,"* in *medium.com*, 2019.

Nei Principi ELI (*supra*, nota 79) l'oracolo è definito come un "servizio che aggiorna un registro distribuito (ad esempio una blockchain) utilizzando dati provenienti dall'esterno di un sistema a registro distribuito (al di fuori del contesto blockchain). Un oracolo trasmette informazioni off-chain in linguaggio informatico alla rete".

Particolare attenzione merita il tema della mera esecuzione della sentenza (dunque non la risoluzione della controversia, ma il trasferimento sulla chain della pronuncia del giudice, rilasciata off-chain): l'automatizzazione della sentenza su blockchain, a differenza di quanto accade quando si usa un software basato su intelligenza artificiale, avviene tramite lo smart contract che, recependo determinate informazioni dall'oracolo, le esegue condizionatamente. Questo meccanismo può sollevare criticità con riferimento a: (i) l'attendibilità delle informazioni raccolte dall'oracolo; (ii) la presenza di strumenti capaci di tradurre concetti tecnici difficilmente comprensibili per il programma (traduzione da linguaggio naturale a linguaggio di programmazione); la competenza e la giurisdizione del giudice in un contesto, quello della blockchain, caratterizzato dall'aterritorialità, in assenza di un sistema di riferimento specifico. Per un approfondimento di questi profili si rinvia a P. MICHAELSON, S. JESKIE, *Where the Disputes Lie: When Blockchain Technology Will Need Help Sorting Out Its Contracts*, 2021, disponibile in: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3893223 e Z. LOW, *Execution of judgments on the Blockchain: A Practical Legal Commentary*, 2021, disponibile in: <https://jolt.law.harvard.edu/digest/execution-of-judgments-on-the-blockchain-a-practical-legal-commentary>.

determinazione secondo il proprio mero arbitrio, ovvero procedendo con equo apprezzamento.

16. *Soluzione delle controversie*

L'oracolo, oltre a poter svolgere un'attività di interpretazione e integrazione dell'accordo, può avere il compito di risolvere le controversie¹¹⁷. Questa funzione può essere svolta, in alternativa, dal fornitore della tecnologia blockchain, dall'operatore della piattaforma logica su cui i contracts on chain vengono forniti, negoziati, conclusi ed eseguiti, o anche da soggetti esterni individuati dalle parti¹¹⁸.

¹¹⁷ Sul punto si veda: J. ESTCOURT, *Smart Contracts and Dispute Resolution: Faster Horses or a New Car?*, in *Smart Legal Contracts*, (J. Allen and P. Hunn, Eds .Oxford University Press) 2022, 79 – 87, spec. 81: “Because globalisation and digitisation both, at once, ‘enable’ and ‘require’ contracts to be negotiated and formed over the Internet, it is difficult to see how contracting parties will not look to online solutions to disputes arising from their agreements. That is to say, that the age has been reached when consumers of dispute resolution will be able to opt for a system based on simplicity, efficiency and economy, and may well be prepared to do so, even at the cost of the loss of intimate involvement in a human managed process and the loss of the imprimatur of a state court”. Si veda inoltre: F. AST – B. DEFFAINS, *When Online Dispute Resolution Meets Blockchain: The Birth of Decentralized Justice*, in *Stan. J. Blockchain L. & Pol’y*, 2021, 241 ss..

¹¹⁸ Attualmente sono operativi sul mercato progetti di Decentralized Dispute Resolution (DDR) che adottano soluzioni basate su oracoli umani, che consentono di superare (in parte) i limiti dei tradizionali sistemi di risoluzione delle controversie avvalendosi: (i) delle caratteristiche di tracciabilità e immutabilità della blockchain; (ii) dell'auto-esecuzione tipica degli smart contracts; (iii) della flessibilità dell'intervento di un agente umano. L'utilizzo efficiente di DDR è però circoscritto in queste sperimentazioni a controversie di medio-basso valore, che non richiedono complessi approfondimenti tecnico-giuridici e che hanno ad oggetto il mero trasferimento di somme di denaro. Per un'analisi dettagliata sul funzionamento di alcuni degli attuali DDR si vedano: R. BATTAGLINI, *Risoluzione dispute e piattaforme decentralizzate*, in *Teoria e Critica della Regolazione Sociale*, 2021, 77-91; Y. GABUTHY, *Blockchain-Based Dispute Resolution: Insights and Challenge*, in *Games*, 2023, 14 ss., disponibile su <https://doi.org/10.3390/g14030034>. Per un più ampio approfondimento sul ruolo della tecnologia blockchain rispetto alla giustizia tradizionale si veda: P. ORTOLANI, *The Judicialisation of the Blockchain*, disponibile su https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3230880, 2018, 1-39, spec. 30-31 secondo cui “On the one hand, online dispute resolution based on blockchain technologies seems to be a growing reality, meeting a demand of adjudication that cannot be satisfied by state courts due to the excessive costs of litigation. On the other

I contracts on chain possono prevedere una clausola¹¹⁹ per la soluzione delle controversie che attribuisca a un oracolo scelto dalle parti un compito che può andare dalla semplice predizione dell'esito di

hand, however, traditional avenues of court litigation could become more attractive for users were blockchain technologies to become relevant on a wide scale for high-value transactions. In light of this, claims that blockchains are radically disrupting the way justice is administered by courts are excessive”.

¹¹⁹ Ci riferiamo, evidentemente, a una clausola compromissoria. Secondo D. ALLEN - A. LANE - M. POBLET, *The Governance of Blockchain Dispute Resolution*, in *Harv. Negot. L. Rev.* 2019, 75 ss., le parti si trovano di fronte a una scelta di governance: “Contracting parties face a broader governance choice: what is the best institutional governance mechanism to resolve contractual disputes? The ways to govern a contract—that is, to minimise the costs of contracting and facilitating the exchange—range from courts to arbitration”.

una controversia¹²⁰, a una funzione di mediazione o di conciliazione¹²¹, sino alla definizione di un lodo arbitrale¹²². In questi casi, le parti

¹²⁰ Gli smart contracts, infatti, in maniera differente a seconda delle caratteristiche proprie della tecnologia blockchain sottostante, possono prevedere, sul piano tecnico, diverse modalità di risoluzione di eventuali controversie; spetterà alle parti rappresentare di comune accordo nel contratto, quella prescelta. L'utilizzo dell'una o dell'altra è rimessa alle parti sulla base del criterio di convenienza, in relazione alle caratteristiche del contratto stesso. In dottrina la questione è ampiamente discussa, e propone due diversi approcci alla risoluzione delle controversie per gli smart contracts. Secondo una prima impostazione gli smart contracts, operando all'interno del quadro normativo esistente in materia di contratti, possono essere valutati dai giudici o dagli arbitri applicando le procedure (anche ADR) esistenti: occorre semplicemente importare (on-chain) i principi contrattuali tradizionali. In tal senso si vedano: P. DE FILIPPI, A. WRIGHT, *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, Cambridge: Harvard University Press, 2018; G. GOVERNATORI - G. IDELBERGER - F. MILOSEVIC - Z. RIVERET - R. SARTOR - G. XU, *On legal contracts, imperative and declarative smart contracts, and blockchain systems*, in *Artificial Intelligence Law* 2018, 377-409; M. SOKOLOV, *Smart Legal Contract as a Future of Contracts Enforcement*, Working paper, 2018, disponibile su SSRN: <<https://ssrn.com/abstract=3208292>>; R. HOLDEN - A. MALANI, *Can Blockchains Solve the Holdup Problem with Contracts?* Working Paper No. 2018-12, University of Chicago. La seconda impostazione invece considera gli smart contracts come strumenti giuridici distinti dai contratti tradizionali. Ne consegue che le norme esistenti, nelle diverse legislazioni, sia di common law sia di civil law, non consentirebbero di risolvere le controversie che nascono per l'utilizzo degli smart contracts. In questo caso, le proposte in dottrina vanno nel senso di promuovere una "giurisdizione distribuita", una governance basata sulla blockchain. In tal senso si vedano: W. KAAL – C. CALCATERRA, *Crypto Transaction Dispute Resolution*, in *Business Lawyer*, 2017, 109-153. Parte della dottrina ritiene che entrambi gli approcci presentino limiti e vantaggi, e occorrerebbe piuttosto considerare un sistema coerente, idoneo a contenere tutte le possibili modalità di risoluzione delle controversie. Così: D. ALLEN - A. LANE - A. POBLET, *The Governance of Blockchain Dispute Resolution*, Harv. Negot. L. Rev., 2019, 75 ss., secondo cui "Blockchain-based dispute resolution systems might not only service the blockchain industry and smart contracts, but also extend into servicing dispute resolution for traditional legal contracts. Contracting parties in a more conventional contract might determine that some blockchain-based form of dispute resolution economises on the costs of dictatorship and disorder". Nello stesso senso anche B. HOWELL - P. POTGIETER, *Uncertainty and dispute resolution for blockchain and smart contract institutions*, in *Journal of Institutional Economics*, 2021, 545-559, spec. 547: "for efficiency-raising objectives to be attained, a role will continue to exist for traditional contract governance institutions (notably contract law and the courts) as complements to blockchain governance arrangements". Secondo alcuni peraltro, il ricorso a tribunali e arbitri esterni rappresenta l'unica via percorribile per la risoluzione di accordi contrattuali che non

possono anche fornire l'indicazione dei database cui l'oracolo deve accedere per acquisire le informazioni necessarie per pronunciare il lodo. Più questa ulteriore funzione verrà utilizzata, più facilmente sarà possibile, tramite smart contracts uniti in futuro all'intelligenza artificiale, che la funzione di oracolo venga svolta in modo sempre più automatico via algoritmo, pur nel rispetto delle regole dell'Unione europea, che per l'utilizzo dell'intelligenza artificiale richiedono comunque un controllo umano (human in the loop)¹²³.

si svolgono come previsto in origine dalle parti: i tribunali e gli arbitri hanno la possibilità di applicare principi e utilizzare prove relative a fasi successive rispetto al momento di stipulazione del contratto, senza limitarsi all'utilizzo di processi basati su regole prescrittive. Per un approfondimento, ancora: B. HOWELL - P. POTGIETER, *op. ult. cit.*, 551–554: “An ex post principles-based court or other adjudication and arbitration process (e.g. alternative dispute resolution processes) taking account of unanticipated changes that occur after a contract is agreed appears to be diametrically opposed to rules-based smart contracting where it is presumed that all possible contingencies can be anticipated ex ante and programmed into code, and be enacted without a change in the future”.

¹²¹ È ragionevole ipotizzare uno sviluppo di questa funzione dell'oracolo direttamente on-chain nell'ambito assicurativo: la compagnia di assicurazioni inserisce on-chain le proposte economiche per la chiusura del sinistro con contestuale avvio di una procedura che avvicini le parti a una soluzione di comune accordo. Nel caso le parti raggiungano un accordo, questo appare automaticamente sulla blockchain e non è più contestabile. In caso di mancato accordo, invece, e raggiunto il numero massimo di tentativi eventualmente previsti dalla piattaforma, il sistema apre in automatico la procedura di contenzioso.

¹²² In questo caso si parla di “oracolo software”. Gli oracoli, infatti, possono essere diversamente classificati sulla base del tipo di fonte da cui provengono i dati che utilizzano: (i) “oracolo software”, quando i dati provengono da fonti online o in generale quando si tratta di informazioni digitali; (ii) “oracolo hardware”, quando i dati trasmessi dall'oracolo sono prodotti dal mondo fisico; (iii) “oracoli umani”, nel caso in cui i dati immessi nella blockchain sono stati in precedenza sottoposti a valutazione o interpretazione. Uno smart contract può prevedere una clausola arbitrale con cui le parti affidano a un arbitro terzo la risoluzione della controversia: l'informazione esterna recuperata dall'oracolo (oracolo hardware) consisterebbe quindi nel lodo arbitrale e la logica dello smart contract garantirebbe l'esecuzione di quanto in esso stabilito. A questo proposito si veda P. ORTOLANI, *The impact of blockchain technologies and smart contracts on dispute resolution: arbitration and court litigation at the crossroads*, in *Unif. L. Rev.*, 2019, 430 – 448, spec. 437 - 442 secondo cui, peraltro, “As the possibility for parties to encode their contracts into script extends beyond the rather narrow limits originally imposed by the bitcoin protocol, new prospects for efficient arbitral procedures arise”.

¹²³ Sul punto si rinvia alla nota 7.

Se inserito all'interno di una piattaforma logica, il contract on chain potrà prevedere una clausola per la risoluzione delle controversie che attribuisca alla piattaforma o a un soggetto da questa indicato¹²⁴, la funzione giurisdizionale (qualora questa opzione sia prevista) o la rinvii a un tribunale arbitrale o a un giudice. Allo stesso modo, il contratto potrà indicare una legge applicabile, che – sulla base della scelta delle parti tra le opzioni possibili – la piattaforma stessa, l'oracolo, il tribunale arbitrale o il giudice potranno applicare.

Questa opzione, che la piattaforma logica è in grado di fornire, consente di risolvere, sul piano concreto, il problema connesso al legame tra il contratto e un ordinamento giuridico che, come visto, non costituisce un riferimento necessario per gli smart legal contracts, ma diviene invece centrale nella prospettiva di contracts on chain. La questione è rilevante soprattutto se si considera la deriva che l'assenza

¹²⁴ Attualmente sono operativi sul mercato progetti di Decentralized Dispute Resolution (DDR) che implementano soluzioni basate su oracoli umani, che consentono di superare (in parte) i limiti dei tradizionali sistemi di risoluzione delle controversie avvalendosi: (i) delle caratteristiche di tracciabilità e immutabilità della blockchain; (ii) dell'autoesecuzione tipica degli smart contracts; (iii) della flessibilità dell'intervento di un agente umano. L'utilizzo efficiente di DDR è però circoscritto a controversie di medio-basso valore, che non richiedono complessi approfondimenti tecnico-giuridici e che hanno a oggetto il mero trasferimento di somme di denaro. Per un'analisi dettagliata sul funzionamento di alcuni degli attuali DDR si vedano: R. BATTAGLINI, *Risoluzione dispute e piattaforme decentralizzate*, in *Teoria e Critica della Regolazione Sociale*, 2021, 77-91; Y. GABUTHY, *Blockchain-Based Dispute Resolution: Insights and Challenge*, in *Games*, 2023, disponibile su <https://doi.org/10.3390/g14030034>; M. BUCHWALD *Smart Contract Dispute Resolution. The Inescapable Flaws of the Blockchain-Based Arbitration*, in *University of Pennsylvania Law Review*, 2020, 1420-1422: "Lack of third-party discovery. Skewed juror incentives. Scalability concerns for on-chain commercial disputes" rappresentano "the inherently unfixable flaws that plague blockchain-based dispute resolution" e rendono questo sistema applicabile in maniera efficiente soltanto a "small scale disputes". Per un più ampio approfondimento sul ruolo della tecnologia blockchain rispetto alla giustizia tradizionale si veda P. ORTOLANI, *The Judicialisation of the Blockchain*, cit., *supra* nota 122; 1-39, spec. 30-31 secondo cui "On the one hand, online dispute resolution based on blockchain technologies seems to be a growing reality, meeting a demand of adjudication that cannot be satisfied by state courts due to the excessive costs of litigation. On the other hand, however, traditional avenues of court litigation could become more attractive for users were blockchain technologies to become relevant on a wide scale for high-value transactions. In light of this, claims that blockchains are radically disrupting the way justice is administered by courts are excessive".

di queste opzioni ha determinato nel Web2, in cui le piattaforme digitali hanno creato veri e propri ordinamenti privati (in cui operano i contratti tra la piattaforma e gli utilizzatori) che si confrontano con gli ordinamenti statali (cui spesso derogano) e con il diritto internazionale (cui a volte rinviano)¹²⁵.

Di nuovo, un esempio può essere utile. Prendiamo ancora il contratto di escrow. Lo sviluppo dell'accordo secondo la logica "Contracts on chain", consente all'utente di verificare in qualsiasi momento sulla chain le condizioni e le modalità di soluzione delle controversie che dovessero sorgere nell'esecuzione del contratto. Ipotizziamo che le clausole rilevanti siano le seguenti:

[Resta inteso che, ove pervenissero al Depositario una o più contestazioni od opposizioni, notarizzate on-chain, da parte del Depositante o del Beneficiario singolarmente o congiuntamente dai Mandanti, all'esecuzione del pagamento, il Depositario si asterrà da ogni successivo pagamento. L'Importo Depositato resterà depositato sul Conto di Deposito, il quale verrà successivamente liberato solo ed esclusivamente su indicazione congiunta del Depositante e del Beneficiario].

LEGGE APPLICABILE E CONTROVERSIE

10.1. *L'Accordo è regolato dalla legge italiana.*

10.2. *Qualsiasi controversia derivante dell'Accordo, o da eventuali accordi esecutivi, modificativi e/o integrativi dell'Accordo, sarà sottoposta ad un collegio arbitrale composto di tre arbitri (il "Collegio Arbitrale"), uno dei quali con funzioni di Presidente, nominati dalle Parti in conformità al Regolamento Arbitrale Nazionale della Camera Arbitrale Nazionale e Internazionale di Milano, che le Parti dichiarano di conoscere ed accettare interamente.*

10.3. *Gli arbitri procederanno in via rituale e secondo diritto e decideranno applicando il diritto sostanziale italiano; pertanto, la decisione degli arbitri avrà natura di sentenza tra le Parti. Le Parti convengono espressamente l'inappellabilità della decisione arbitrale. Il Collegio Arbitrale dovrà, altresì, provvedere, in base al principio*

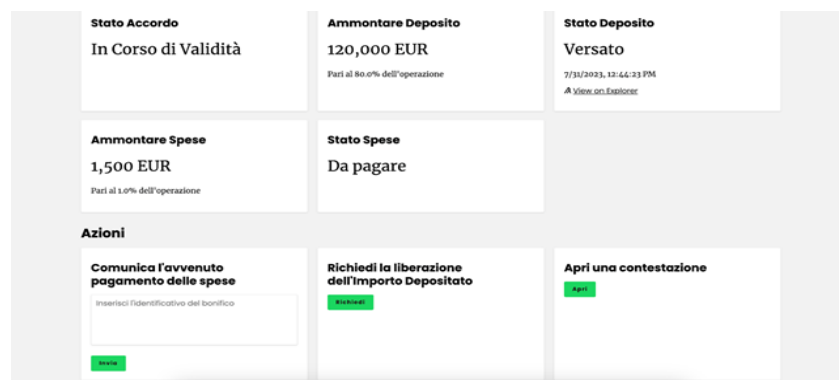
¹²⁵ *Supra*, note 86-87.

della soccombenza, in ordine alle spese di lite, salva facoltà di compensarle.

10.4. *L'arbitrato avrà sede a Milano e sarà condotto in lingua italiana.*

10.5. *Fermo restando quanto sopra disposto, si conviene che ogni eventuale procedimento giudiziario non rientrante nella competenza del Collegio Arbitrale, comunque relativo a questo Accordo, sarà competenza esclusiva del Foro di Biella.]*

Se così previsto dal contratto, la piattaforma di contracts on chain offrirà all'utente la possibilità di selezionare il bottone “apri una contestazione” per rimettere una questione controversia a un soggetto esterno off-chain.



17. Conclusioni

Contract on chain è, in conclusione, un procedimento negoziale che consente di dare vita a un contratto rafforzato, per varie ragioni che qui sintetizziamo.

In primo luogo, il contenuto del contratto registrato sulla chain è in linguaggio naturale. Si risolve così il tema della traduzione: il linguaggio macchina *via* programmazione è limitato alle parti di auto-esecuzione. La ‘certificazione’ di queste parti può essere garantita dalla compliance con gli standard e definiti dalle linee-guida del regolatore, per le applicazioni dei contracts on chain sui mercati regolati, o anche da un certificatore terzo.

In secondo luogo, *contracts on chain* consente l'accertamento, anche *ex post*, della fase negoziale. La blockchain registra quindi non solo il contenuto del contratto ma anche la sua formazione.

In terzo luogo, la manifestazione del consenso viene anch'essa registrata dalla chain, mediante collegamento con gli strumenti esistenti di firma digitale, anche avanzata, o con strumenti di identificazione nuovi e blockchain nativi. Inoltre, i contratti possono essere collegati tra loro ed essere eseguiti in modo coordinato, sempre sulla chain.

In quarto luogo, la parte del contratto che si deve autoeseguire lo fa secondo gli automatismi della public blockchain, totalmente indipendenti se gli eventi cui sono condizionati sono interamente on-chain, solo parzialmente indipendenti se gli eventi che verificano le condizioni sono off-chain.

In quinto luogo, i meccanismi di soluzione delle controversie possono essere totalmente o parzialmente eseguiti sulla blockchain, a seconda del grado di autonomia che si voglia attribuire all'intelligenza artificiale.

In sesto luogo, anche il tema della giurisdizione è risolvibile all'interno della chain: è infatti l'esistenza di un ambiente specifico (la piattaforma logica) all'interno del quale i *contracts on chain* operano sulla public chain, a consentire alle parti il rinvio a una giurisdizione, da cui altrimenti gli smart legal contracts potrebbero derogare, in quanto auto-sufficienti anche sotto questo profilo.

Dalla sintesi proposta, emerge come i *contracts on chain* presentino in concreto caratteristiche diverse da quelle analizzate, in astratto, dalla dottrina giuridica in relazione agli smart legal contracts. Analogamente, i temi che i *contracts on chain* propongono, così come quelli che risolvono, sono nuovi e ancora non esplorati dagli studiosi.

Appare chiaro, dunque, che le questioni sulla natura dello smart legal contract, così come della sua funzione, elaborate dalla dottrina negli ultimi anni, possano essere in gran parte superate. I *contracts on chain*, diversamente dagli smart contracts e dagli smart legal contracts oggetto di esame degli studiosi finora, non sono la mera esecuzione di contratti stipulati altrove, né rappresentano sulla blockchain la fase della stipula del contratto. Seguendo questo procedimento negoziale, che definiamo *contracts on chain*, i contratti vengono rafforzati dalla chain, che li

arricchisce di proprietà altrimenti non riscontrabili al di fuori della public blockchain, trasformandoli in ‘supercontratti’¹²⁶.

Le public blockchain di ultima generazione consentono infatti di identificare in modo certo e permanente i contraenti; di registrare e tenere traccia del negoziato; di eseguire parti del contratto (tra cui, anche il pagamento) in modo automatico, al verificarsi di condizioni predefinite; di collegare più contratti tra loro in modo originario e indissolubile; di registrare la firma delle parti, certificata nei modi già oggi conosciuti o in altri, blockchain nativi; di conciliare o risolvere le controversie, sulla base di una scelta ordinamentale concordata dalle parti. Se sulla blockchain si inserisce una piattaforma logica, si rende l’ecosistema in cui operano le parti più simile al modello che sembra ancora essere dato per presupposto dalla regolazione europea (quantomeno nei settori bancari, assicurativi, finanziari) garantendo un livello adeguato di tutele ma si fanno salvi alcuni aspetti di maggior efficienza, sicurezza, decentralizzazione della public blockchain.

¹²⁶ In un senso dunque diverso da quello cui hanno fatto riferimento R. PARDOLESI – A. DAVOLA, «*Smart contract*»: *lusinghe ed equivoci dell’innovazione purchessia*, cit., *supra* nota 39, che si riferiscono agli smart contracts che come supereroi fanno tutto da soli. Piuttosto vale la distinzione di A. BENEDETTI, cit., *supra* nota 44, tra la negoziazione algoritmica (funzionale alla formazione del contratto o alla determinazione dell’oggetto) e smart contract propriamente detto (funzionale all’esecuzione e gestione del rapporto contrattuale).